3. 研究成果報告

3.1　東日本大震災教訓活用研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目　「東日本大震災教訓活用研究」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人東北大学 災害科学国際研究所 大学院工学研究科	教授 准教授 准教授 プロジェクト講師 技術支援員 准教授	今村文彦 佐藤翔輔 蝦名裕一 保田真理 森實香純 姥浦道生
国立大学法人京都大学 防災研究所	教授	牧紀男
国立大学法人名古屋大学 減災連携研究センター 災害対策室 大学院工学研究科	教授 教授 特任教授 特任教授 寄付研究部門准教授 特任准教授 特任助教 教授 准教授	福和伸夫 野田利弘 護雅史 田代喬 都築充雄 菅沼淳 北川夏樹 飛田潤 中井健太郎
国立大学法人東京大学 地震研究所	教授	古村孝志

(c) 業務の目的

前半の４年間では、既存のアーカイブ活動と連携をしながら、東日本大震災での広域で複合的な災害及びその対応、復旧・復興に関するアーカイブを作成・拡張し、課題や教訓を整理する。さらに、プロジェクト指向型アーカイブを構築することにより、東日本大震災の被災地と南海トラフ地震との被害発生の類似パターンを抽出し、南海トラフ地震・津波における人的被害軽減戦略プログラムを策定する。東日本大震災の基礎自治体の復興計画及びその策定に関するデータ収集の基礎的検討を行う。後半の３年間では公表されたコンテンツを新たに収集・連携し、アーカイブシステムのβ版を構築する。同アーカイブを

用いて防災・減災・復興に資する生きる力を解明し、災害時の生きる力醸成プログラムを作成する。さらに、東日本大震災の基礎自治体復興計画の現状に対してアクションリサーチ手法を用いつつ課題の分析・抽出を行う。

(d) 7か年の年次実施業務の要約

平成25年度：

プロジェクト指向型アーカイブの基本設計と震災の教訓に関する学術論文・調査報告書の文献調査を行った。また東日本大震災の基礎自治体の復興計画及びその策定に関するデータ収集の基礎的検討を行った。

平成26年度：

アーカイブコンテンツの収集・連携を行うとともに、アーカイブシステムのα版を構築した。また、東日本大震災の基礎自治体の復興計画及びその策定に関するデータ収集を行った。

平成27年度：

震災教訓文献データベースのシステム利用評価、東日本大震災の津波の来襲状況や被害について撮影・公開されている動画検索システムの試験実装、東日本大震災の基礎自治体の復興計画及びその策定に関するデータ収集（宮城県）、東北沖海域に発達する断層のうち海溝軸外海側の構造データの収集、復興していく市街地の様子を定点で観測する「復興モニタリングシステム」の管理・改良・運用、東日本（静岡県以北）の 自治体の東北地方における 地震波形データに関する関係機関と調整・手続き、東日本大震災における液状化被害・河川堤防被害・造成地被害の発生状況の整理、東北地方太平洋沖地震とM7級地震の長周期地震動と比較を行った。

平成28年度：

実装したプロジェクト指向型アーカイブ（プロトタイプ）の改良およびユーザー利用評価を行った。また、東日本大震災の基礎自治体の復興計画及びその策定に関する課題の分析・抽出を行った。復興していく市街地の様子を定点で観測する「復興モニタリングシステム」について観測の継続を行うと共にシステムの移設を行った。平成27年度に引き続き、東日本（静岡県以北）の 自治体の東北地方における地震波形データに関する関係機関と調整・手続きを行った。仙台市の上水道の被害状況・復旧状況の分析と今後の対策の提言、免震住宅の被害と建物の強震観測の状況に関する分析と課題の提示、ならびに、地盤や河川堤防の液状化・耐震効果に関する検証事例整理と課題の提示を行った。東北地方太平洋沖地震における関東平野の長周期地震動の生成要因を地震波形解析と波動伝播シミュレーションにより評価し、震源域直上での表面波の励起と平野への伝播増幅特性が大きく寄与していることを確認した。また、KiK-net 築館で観測された震度7の強震記録を熊本地震におけるKiK-net 益城における強震波形記録と比較し、揺れの継続時間と周期成分の違いから、海溝型巨大地震の強震動の特性と被害に与える影響を検討した。

平成29年度：

これまでに開発してきたデータベースにおいて、その後発表された研究成果を追

加更新するとともに、そのユーザー利用評価調査を行った。また、東日本大震災の基礎自治体復興計画の実現に関するデータ収集の基礎的検討を行った。復興していく市街地の様子を定点で観測する「復興モニタリングシステム」について観測の継続を行うと共にシステムの移設を行った。1）ライフライン、2）建築構造物および3）地盤・土構造物について、平成 25～28 年度に実施した構造物被害調査結果を主として 1-b）に情報提供するとともに、ひきつづき当課題において当該情報の有効性などを精査した。2011 年東北地方太平洋沖地震の観測波形解析から得られた強震動・長周期地震動の特性に関する知見に基づき、不均質地下構造モデルを用いた地震波伝播シミュレーションにより、関東平野における長周期地震動の伝播・増幅と、震源の方位による都心部での長周期地震動レベルの変動（バラツキ）要因を評価した。

平成 30 年度：

初年度以降に公表されたコンテンツを新たに収集・連携し、アーカイブシステムの充実化を図るとともに、その利用頻度を可視化した。加えて、災害時の８つの「生きる力」を向上させる人材育成プログラムの検証も行った。各自治体の復興計画の実施状況とその課題に関して、特に被災者の意向変化の実態に着目して、データの収集及び分析を行った。構造物等の被害については次の通りである。1)ライフライン(上水道)については、碧南市との議論や東日本大震災での事例検証を行う中で、昨年度 1-a)で取りまとめた上水道システムの減災対策に加え、新たに複数の対策を提案した。2)建築構造物については、地震観測記録に基づき重要施設の機能継続につながる構造モニタリングを検討した。3)地盤・土構造物については、現行のレベル２地震動に対する河川堤防の耐震点検フローの三次点検に必要とされる代表的ないくつかの解析手法について特徴を比較・整理した。南海トラフ巨大地震による、大規模平野での長周期地震動の予測の実現に向け、2011 年東北地方太平洋沖地震で発生した長周期地震動の観測波形データに基づき、強震観測データ同化と地震波伝播シミュレーションによる、即時予測の数値実験を行なった。

平成 31 年度：

利用プログラムの充実と共に、東日本大震災で被災した地域において実施されている研修・教育プログラム（自治体、学校）の事例把握・検証を行う。また、これまで開発してきた教訓等に関するアーカイブシステムについて、その後、新たに得られた知見や災害の事例をもとに、コンテンツの充実化を継続する。東日本大震災の基礎自治体復興計画の実現に関するデータ収集を行うと共に、その実現に関する課題の分析・抽出を行う。特に実現のための事業として土地区画整理事業に着目し、効果と課題を抽出すると共に、その原因を明らかにする。構造物被害調査結果を利用した他の研究課題との連携研究および総括を行う。また、平成 25 年度から実施している東日本大震災の復興プロセスのモニタリング手法のとりまとめを行うとともに、今後のモニタリングについての検討を行う。７カ年の取組みについて、可能な限り、研究論文等にまとめるともに、社会への周知・発信を行い、今後の利活用の波及につなげる。前年度の更新を受けて、平成 28 年度の実施内容を更新する。また、

東日本大震災の基礎自治体復興計画の実現に関するデータ収集（宮城県）を行う。
構造物被害調査結果を利用した他の研究課題との連携研究および総括を行う。

(e) 平成 30 年度業務目的

これまで開発してきた教訓等に関するアーカイブシステムを用いて、自治体・地域防災や防災教育での利用プログラムを支援するシステムを開発する。既存のコンテンツに加え、熊本地震に関する教訓データを追加する。東日本大震災からの基礎自治体レベルの復興計画の実施状況とその課題に関するデータの収集及び分析を行う。構造物等の被害調査結果利活用のための戦略に関する検討を実施する。また、平成 25 年度から実施している東日本大震災の復興プロセスのモニタリングを継続して行う。

(2) 平成 30 年度の成果

①アーカイブシステムの構築・利活用

(a) 業務の要約

初年度以降に公表されたコンテンツを新たに収集・連携し、アーカイブシステムの充実化を図るとともに、その利用頻度を可視化した。加えて、災害時の８つの「生きる力」を向上させる人材育成プログラムの検証も行った。また、各自治体の復興計画の実施状況とその課題に関して、特に被災者の意向変化の実態に着目して、データの収集及び分析を行った。

(b) 業務の成果

1)「東日本大震災教訓活用型アーカイブシステム」の基本設計

平成 25 年度に、東日本大震災の教訓を活用することに特化した「東日本大震災教訓活用型アーカイブシステム」の基本設計を行った。基本設計においては、南海トラフ広域地震津波災害の想定被災地における自治体の防災担当職員へのインタビュー調査を実施した。その結果、主に次の３つのニーズがあることが明らかになった。以下、平成25年度成果報告書(文部科学省研究開発局･独立行政法人海洋研究開発機構，2014)からの再掲となるが説明する。

a) 東日本大震災で明らかになった、いわゆる「教訓」を簡便に詳細に検索・閲覧したい。

b) 東日本大震災における津波に関する動画（津波の来襲映像、津波のシミュレーション動画）を検索・閲覧したい。

c)東日本大震災の被災自治体において､被災経験を踏まえて策定された各種計画、設計・実施された訓練等の事例を参照したい。

a) のような回答をした地域では、すでに南海トラフ広域地震津波について活発な対策活動が行われていた。このような組織・自治体においては、すでに一定の対策を講じているために、より即効性が高い対策を講じようと、直近で発生した「東日本大震災の教訓」、言い換えれば、東日本大震災の経験を踏まえて、津波災害への対応として効果的な対策・対処方法、次の大津波被災地でも起こる可能性が高い問題やその解決

策に対して、高い関心が寄せられる傾向があった。具体的な例としては、三重県防災対策部（2014）では、東日本大震災において「誰が何に困ったのかリスト」を作成している。防災・減災の実務者にとっては、「東日本大震災の教訓」を災害が起きる前にすべき備えや、発災時の効果的な対応として調べたいというニーズが高いことが分かった。

b）のような回答をした地域は、南海トラフ広域地震津波の対策を徐々に始めているような地域であった。そのような地域では、過去に津波の経験があまりなく、地域住民の意識があまり高くない傾向にあった。行政担当者としては、まず、動画というリアリティのある映像を地域住民に見てもらうことで、津波に対する危機意識をもってもらいたい、という回答が得られた。実際に、住民からそのようなニーズが寄せられることもあるという。 最初のステップとして、危険意識がそれほど高くない地域住民に対して、津波の危険性を視覚的に訴えることで、津波防災・減災への対策・行動に関心をもってもらいたいというニーズが存在することが分かった。

c）は、事前の防災・減災施策の具体例として、東日本大震災で大津波を経験した被災自治体が現在、何をどのように準備しているのかを直接把握したいという実務に携わる上での直接的なニーズであった。

以上は、行政や住民が求めるアーカイブの要件である。これに加えて、研究者は各種の分析・解析のために、基本的には生データ（いわゆるローデータ）の利用を希望することが想像される。

以上のインタビュー調査や考察を踏まえて、平成 25 年度に図３－１－①－１のような東日本大震災教訓活用型アーカイブシステムの基本設計（概念図）を作成した。

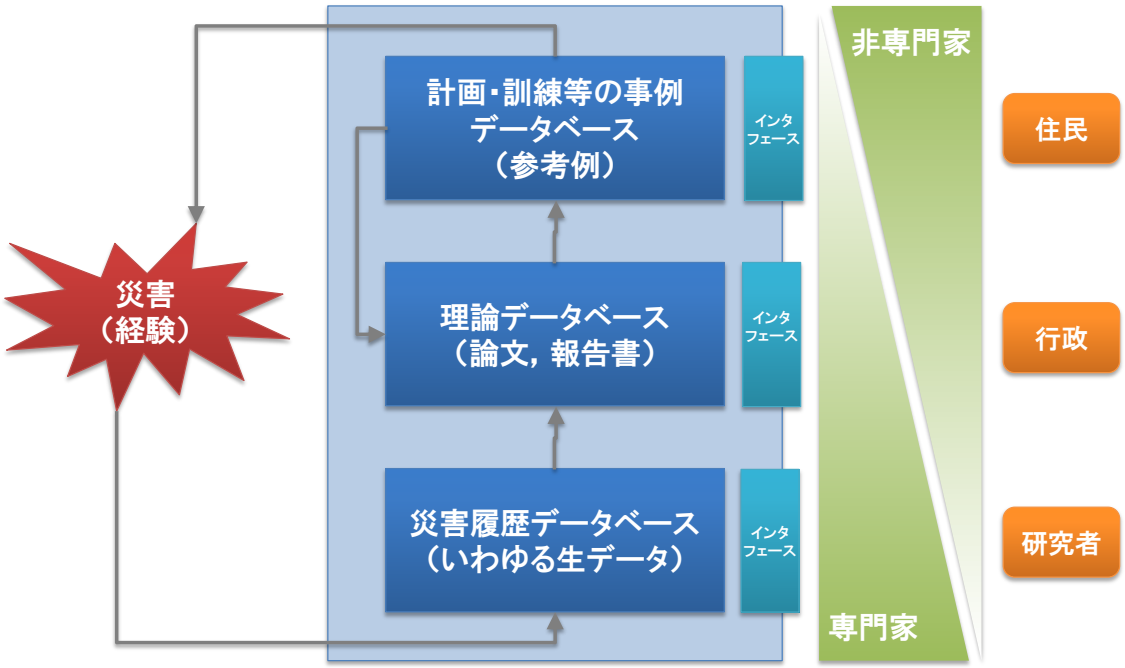


図３－１－①－１　東日本大震災教訓活用型アーカイブシステムの基本設計
（概念図：３層アーカイブモデル）

東日本大震災の教訓を活用する上で、利用者の業種や専門性によって必要になるアーカイブコンテンツの概念レベルを大きく３種類に分類した（３層アーカイブモデル）。災害の経験をもとにして生成される情報は、(1) 生データとしての災害履歴（災害履歴データベース）、(2) 学術論文や報告書などで報告された知見としての結論・理論（理論データベース）、(3) 災害の経験や一般化された理論をもとに設計された各種計画・訓練事例（事例データベース）に分けることができる。これらは、利用者の業種・立場（住民、行政、研究者）やコンテンツを扱うリテラシーや専門性によって、アクセスの範囲が異なる。東日本大震災に関して収集したコンテンツを同一のインタフェースで閲覧するのではなく、具体的な利用ケースに応じたインタフェースを用意することで「東日本大震災の教訓」をより効果的・効率的に活用することが可能と考えた。インタビュー調査から分類された３通りのニーズを３層アーカイブモデルに照らし合わせると、行政担当者は「東日本大震災の教訓」を情報として検索するために中層の理論データベースを参照する（上記 a)）。災害履歴データベースにおいて、研究者が主にローデータを活用する。津波に関する映像の検索・閲覧は下層の災害履歴データベースから、行政・住民が行う（上記 b)）。さらに避難訓練等の設計において上層の事例データベースを参照する（上記 c)）といった例が考えられる。

平成 30 年度は、上記のデータベースのうち、理論データベースについて以下のような検討を行った。検討のうち、前者は、理論データベースに関する検討、後者は理論データベースと災害履歴データベースに関する検討である。

・「震災教訓文献データベース」のコンテンツ追加

・「3.11 からの学びデータベース」「震災教訓文献データベース」「動画でふりかえる 3.11」の利用頻度調査

2)「震災教訓文献データベース」のコンテンツ追加

本プロジェクトにおいて平成 26 年度に、「東日本大震災の教訓」を集約した理論データベース（教訓検索システム）を公開するウェブシステムとして「震災教訓文献データベースー論文・報告書がしめす震災教訓の検索システムー」を公開した。同システムは、平成 25 年度に実施した東日本大震災、その他の地震災害に関する学術論文と報告書の文献調査を行った「東日本大震災ほか災害に関する文献調査」（文部科学省研究開発局・独立行政法人海洋研究開発機構，2014）の結果をシステムにインポートしたものである。図３－１－①－２に教訓検索システム「震災教訓文献データベースー論文・報告書がしめす震災教訓の検索システムー」のトップ画面を示す。ここでいう「教訓」とは、学術論文・報告書から結語部分をもとに情報を整理した文章でフリーワード（自然語）入力による検索ほか、タグ（統制語）で、トップ画面中央下部に表示されているタグクラウドからキーワードを選択して検索することができる。タグクラウドは、登録件数が多いものからフォントサイズを大きくして上位に表示している。

図３－１－①－２「震災教訓文献データベース」のトップ画面
（上から、メニュー、フリーワード検索ボックス、タグクラウド）

図３－１－①－３に検索結果の例を示す。タグクラウドに表示されたキーワード（タグ）から検索ができる。図３－１－①－３はある著者名を選択して検索した例である。検索結果一覧には、雑誌名、学会名、災害名、対象なども表示され、それらをキーにして欲しい情報の絞り込みが可能である。

図３－１－①－３　「震災教訓文献データベース」の検索結果の例

図３－１－①－４「教訓」の表示例

図３－１－①－３の検索結果一覧の中から、一つの行（ID の割り振られた文献名）を選択して表示した画面例を図３－１－①－４に示す。ページのトップに論文中で結語として記述されていた文章を、その下部にタグ付けした結果や書誌情報を表示している。なお、文献がウェブ上にあるものについては、文献（URL）へのリンクも示している。

平成 30 年度は、平成 27 年度から継続して同システムに登録する文献（教訓）を追加した。同システムリリース以降にも、震災に関連する論文は多数発行されているため、開発時点までに発行されている文献を対象に新たに登録作業を行ったものである。特に、内陸直下型の教訓を取り入れるために、2016 年熊本地震に関する文献も収集・登録対象とした。

図３－１－①－５に、「震災教訓文献データベース」に登録した文献のうち、論文とその結語（教訓）の数を、各論文が発行された年で時系列変化として示した。平成 30 年度は、新たに 761 編の論文と 1,227 件の教訓（結語）を登録し、全体では 1,645 編、教訓(結語)は 4,597 件となった(平成 30 年度の登録件数の占める割合、論文:46.3%、教訓：26.7%)。なお、平成 29 年度より追加対象となった熊本地震は、論文で 181 編、

教訓（結語）で 318 件となった。

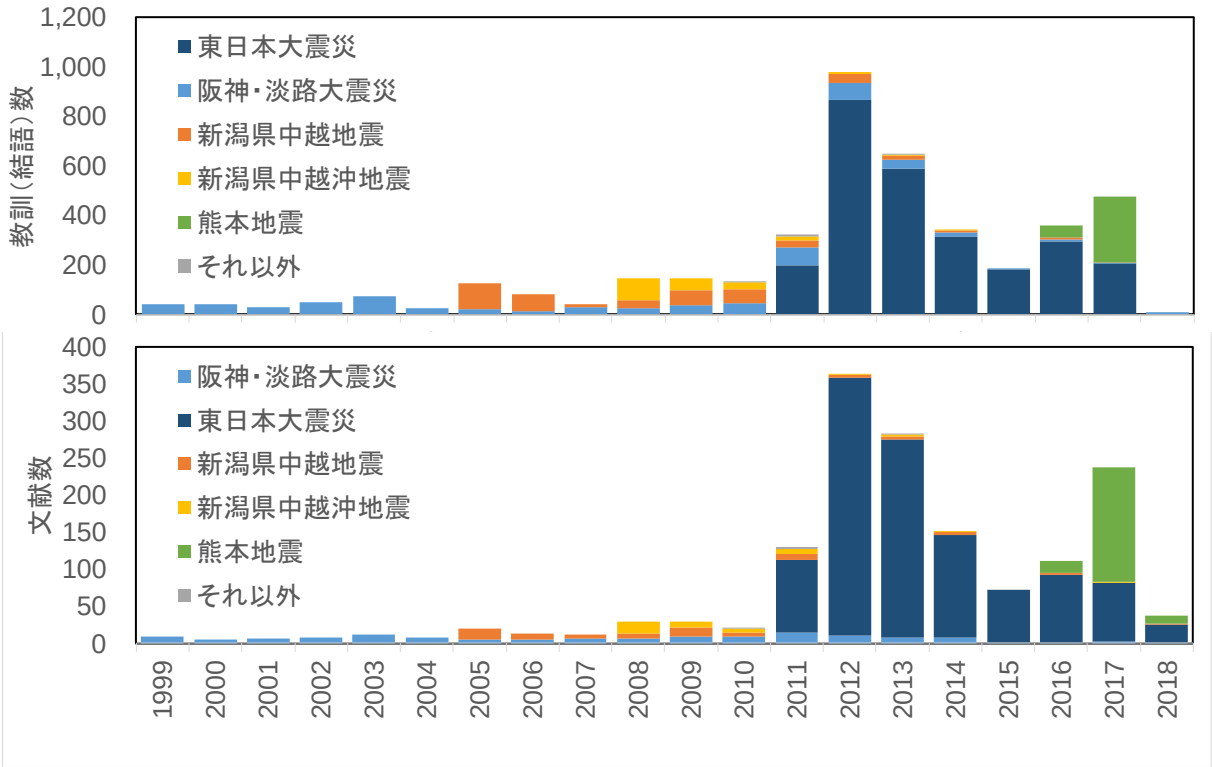


図３－１－①－５　「震災教訓文献データベース」に登録した文献・教訓（結語）の数（上段：教訓（結語）数、下段：文献数）

3)「3.11 からの学びデータベース」「震災教訓文献データベース」「動画でふりかえる 3.11」の利用頻度調査

本プロジェクトにおいては，理論データベースとして、「3.11 からの学びデータベースーIRIDeS から発信する東日本大震災の教訓空間ー」、前述の「震災教訓文献データベースー論文・報告書がしめす震災教訓の検索システムー」、災害履歴データベースとして「動画でふりかえる 3.11ー東日本大震災公開動画ファインダーー」といった３つのデータベースを公開している（図３－１－①－６）。「3.11 からの学びデータベース」は、東北大学災害科学国際研究所の教員が、学術論文などの出典とともに、なるべく平易にわかりやすく解説を行った「教訓」として掲載したもの、「震災教訓文献データベース」は文献中の結語から教訓として見なして掲載したもの、「動画でふりかえる 3.11」は既に公開されている震災映像を地図上にリンクしたものである。ユーザーによる利用評価は、平成 28 年度、平成 29 年度の業務および、佐藤ら（2018）と Sato et al.（2018）で実施し、それぞれのシステムの有用性を既に示している。ここでは、公開後から 2019 年 3 月までの、それぞれのアクセス件数について述べる

3.11 からの学び
データベース

震災文献データベース

動画でふりかえる 3.11

図３－１－①－６　３つのデータベースのトップページ画面

図３－１－①－７に，３つのデータベースのアクセス件数の時系列変化（月別）を示した。「3.11 からの学びデータベース」と「震災教訓文献データベース」は 2015 年２月に、「動画でふりかえる 3.11」は 2017 年２月に公開を開始している。「動画でふりかえる 3.11」の公開月と翌月は、公開期間において著しくアクセス件数が多いため（それぞれ、約 10 万件，約 32 万件）、図の表示範囲から除外している。「3.11 からの学びデータベース」は累計 408,170 件・月平均 8,163 件、「震災教訓文献データベース」は累計 734,203 件・月平均 14,684 件、「動画でふりかる 3.11」は累計 1,184,280 件・月平均 45,549 件、いずれのデータベースも高頻度のアクセスがみられる。それぞれを Y=aX+b の直線で回帰したところ、「3.11 からの学びデータベース」と「震災教訓文献データベース」は正の傾き（それぞれ 198.7，118.2）と、徐々にアクセス件数が増加している。これは、前述したように、コンテンツを徐々に増やしていることが影響していると考えられる。「動画でふりかえる 3.11」は、著しくアクセス件数が多い 2017 年２月・３月を除いて回帰しても、その傾きは負の値（-119.4）であった。同データベースは、アクセス件数そのものは多いものの、徐々にアクセス件数が減少していることから、今後はシステム改良を行うなどの対策を講じることとする。

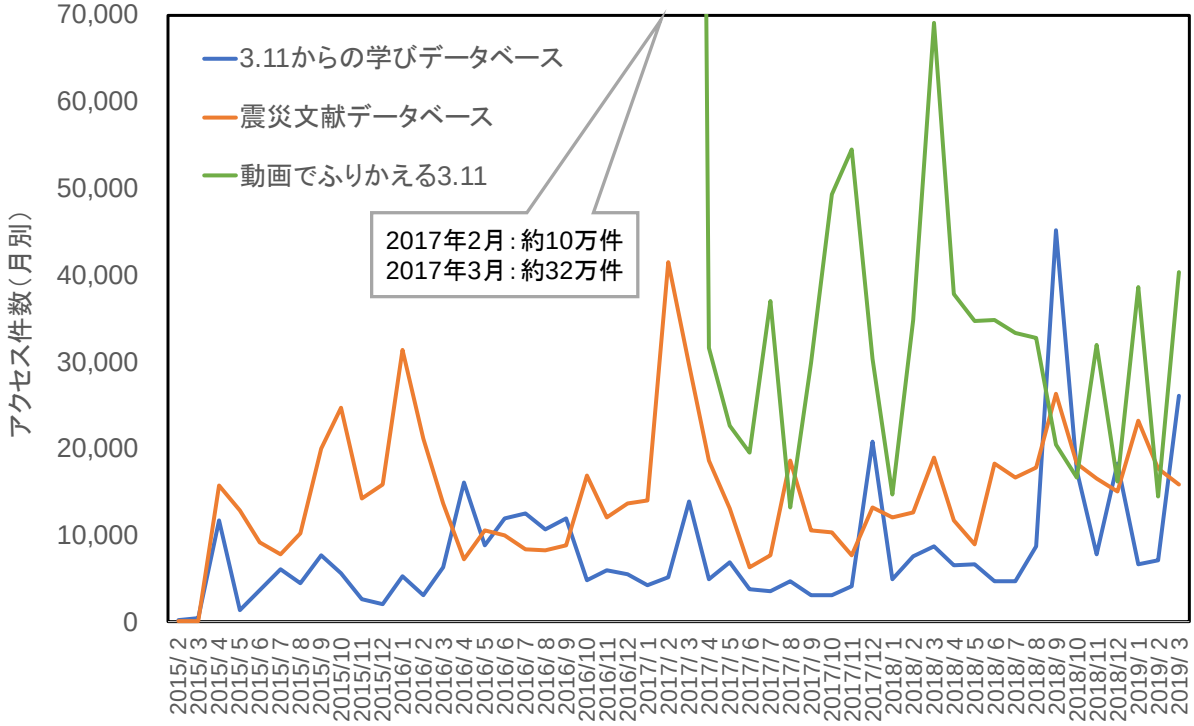


図３－１－①－７　「3.11からの学びデータベース」「震災教訓文献データベース」「動画でふりかえる3.11」のアクセス件数の時系列変化

4）災害時の８つの「生きる力」を向上させる人材育成プログラムの検証

Sugiura et al.（2015）は、東日本大震災で被災した宮城県沿岸の住民1,412名から得た質問紙調査をもとに、危機回避・困難克服に有利な個人の性格・考え方・習慣を分析し、「生きる力」８因子を特定した。ここでいう「生きる力」８因子とは、調査対象者から得られたデータにおいて、津波避難や復興対応といった危機回避・困難克服の行動と有意な正の相関関係にあったもの、言い換えれば有利に働いた力である。８つの因子は、もともと40項目あった設問を因子分析によって、「F1　人をまとめる力」、「F2　問題に対応する力」、「F3　人を思いやる力」、「F4　信念を貫く力」、「F5　きちんと生活する力」、「F6　気持ちを整える力」、「F7　人生を意味付ける力」、「F8　生活を充実させる力」に縮約されたものである。この研究にもとづいて、質問紙によって個人の「生きる力」を測定する方法が構築されている。具体例としては、「F1　人をまとめる力」は「人の心を動かす、気のきいた言葉が口から出てくる」、「問題解決のためには、自分から関係者を集めて話し合いをする」、「日頃、自分から声をかけて集団をまとめることが多い」（他２問）等の設問に全て０～５のうちあてはまるものを回答するものである。他の７因子についても１因子あたり３～５個の同様の設問が用意されている。

災害時の「生きる力」を向上させるプログラム形態の一つとして、大学における半期講義を事例対象にした。報告者のうち一人は、宮城県石巻市内にある石巻専修大学

で「復興の社会学」と、名取市にある尚絅学院大学で「災害社会学」を担当しており、同カリキュラムの中での実践を試みた。両授業とも、各回完結型とし、次の内容を取り上げた：1）災害の定義、2）防災・減災の意味、3）災害対応、4）災害過程、5）被災者、6）復興の定義、7）生活再建７要素、8）生活復興感、9）阪神・淡路大震災の被害・復興の特徴、10）新潟県中越地震災害の被害・復興の特徴、11）東日本大震災の被害・復興の特徴、12）これまでの授業内容のフォローアップ。科目講師は、講義の内容については、概ね文献（林（2003），立木（2016））を参考にして授業を行った。両授業は、アクティブ・ラーニングの形式を採用した。以上の 1）～11）では、授業冒頭はワークショップ形式で、それぞれの内容について「知っていること」や「こうかもしれないと思ったこと」をグループ（４-８名）でまとめてもらい、それを発表してもらったのちに、担当教員から解説を行う講義形式をとった。発表においては、各グループから、まとめた結果を板書してもらい、受講者達が、自身のグループの結果と他のグループのまとめた結果を比較分析･考察を行う形式をとった。毎回の授業では、レポートを課した。レポートの内容は、当日の授業をふりかえるもの１～２題のほか、前１週間の復興に関するニュースを出典とともに提出するものとした。

以上の 2016 年度前期と 2018 年度前期の授業にて、実施した。2016 年度で石巻専修大は男性 45 名・女性 22 名、尚絅学院大学は男性 21 名・女性５名、2018 年度で石巻専修大は男性 46 名・女性 21 名、尚絅学院大学は男性 19 名・女性８名のいずれも、２学年の学生である。 なお、2016 年度分については先行研究（佐藤ら，2017）で効果測定済であり、2018 年度実施分は、その追加分析を行い、妥当性を検証する意図で実施したものである。

ここでは、「生きる力」各因子につき寄与率が高かった３つの質問で問う簡易方式を採用しており、各因子 15 点満点で算出される。この「生きる力」尺度のみ、受講前にも調査を行っている。

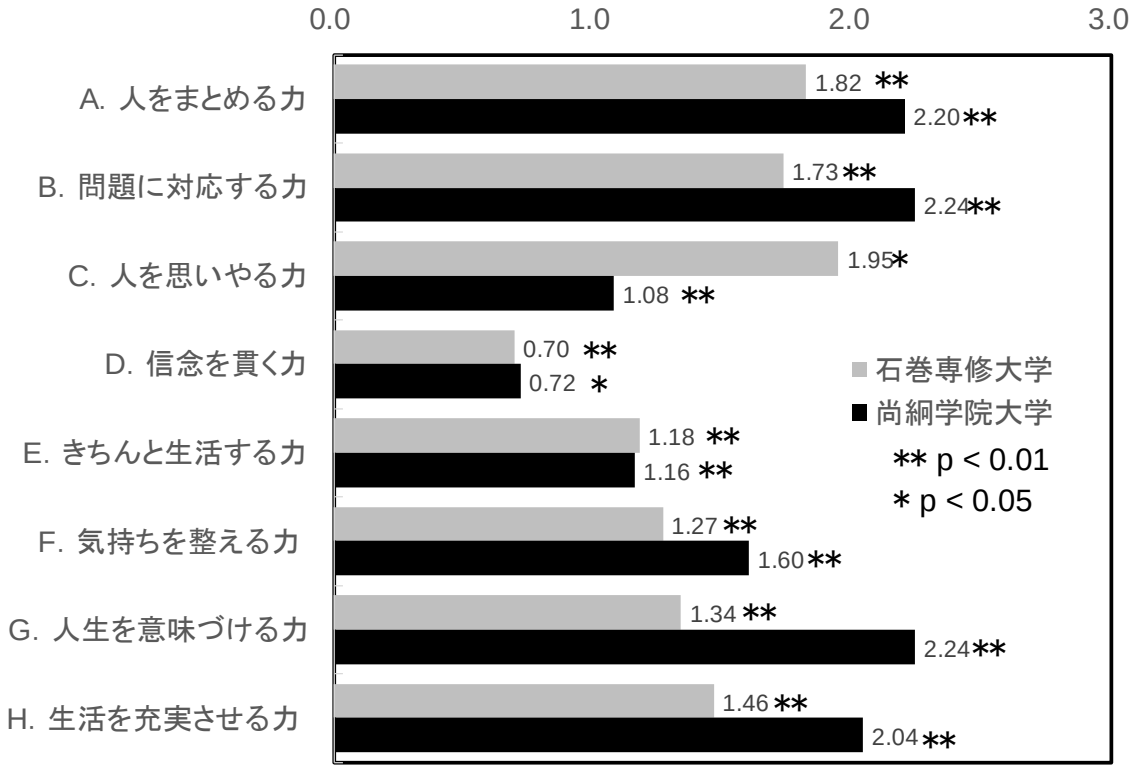


図３－１－①－８　2016 年度授業における「生きる力」得点の受講前後の変化（差分）

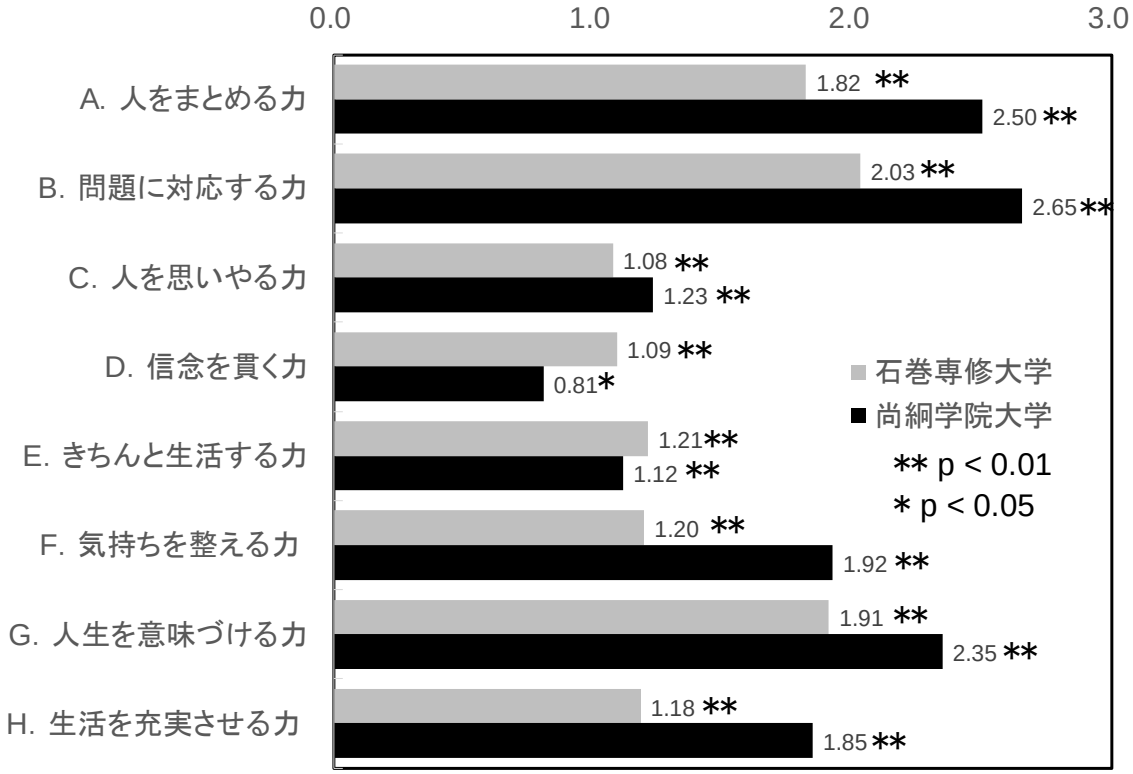


図３－１－①－９　2018 年度授業における「生きる力」得点の受講前後の変化（差分）

図３－１－①－８と図３－１－①－９に、受講前と受講後の「生きる力」得点の差分（クラス平均）を示した（それぞれ、2016 年度、2018 年度）。図中では、受講前と受講後の「生きる力」得点の差について、有意水準１％と５％で対応のある t 検定を行い、その結果が有意であった因子についてそれぞれ**、*を付している。2016 年度、2018 年度ともいずれの変化も有意な差があり、同講義プログラムによる生きる力向上の頑健性が高いことが分かる。対象者に面接調査を行ったところ、以下のような趣旨の発言が得られた。

・A　人をまとめる力：グループワークで話し合いを重ねるうちに意見や人をまとめる力が身についた。
・B　問題に対応する力：グループワークで話し合いを重ねるうちに意見や人をまとめる力が身についた。災害が起きたときに、とるべき行動や選択肢を知り、そのことについて考えようになった。
・C　人を思いやる力：災害での被害の深刻さを知り、自分にできることを考えるようになった。
・D　信念を貫く力：授業とは関係ない
・E　きちんと生活する力：災害時は人との関わりが重要であることを学び、日頃からコミュニケーションをとるようになった。
・F　気持ちを整える力：自分と被災者の生活を比べて、当たり前に暮らせていることにありがたみを感じ、前向きに考えられるようになった。
・G　人生を意味づける力：被災者の現状を知り、自分にできること、必要とされていることは何かを考えるようになった。
・H　生活を充実させる力：災害時は健康であることが重要であることを知り、体を意識的に鍛えるようにしている。

災害発生後の危機回避・困難克服にとって有利に働くことが明らかにされた個人の性格・考え方・習慣である「生きる力」８因子は、復興を題材にした講義を受講したことで有意に上昇したことが確認された。受講者の自由回答から「生きる力」の向上の多くは、講義の「内容」に起因していることも確認され、復興の講義が「生きる力」向上に影響を及ぼす可能性が示された。

5) 復興計画の実施状況とその課題に関するデータの収集及び分析―被災者の意向変化に着目して

各自治体は、適正な事業規模を算定するため、住宅再建に関する被災者の意向調査を数回にわたって行い、被災者の最新の意向の把握に努めた。そこで本研究は、再建に至るまでに被災者の再建意向がどのように変化していたのかを明らかにするとともに、その要因について考察することを目的とする。具体的には、再建方法及び場所に関する大船渡市全域での意向の推移について明らかにするとともに分析を行う。本研究は、単に東日本大震災の復興過程において被災者の住宅再建意向がどのように変化してきたのかを明らかにするだけではなく、今後起こりうる同様の震災の復興過程において、自治体が意向調査の初期段階でその後の意向変化を予測する際の、有用な知

見となることが期待される。

表３－１－①－１　被災者住宅復興意向調査

	送付件数 Number of sending	有効数 Valid number	回収数 Number of collected	回収率 Collected rate	実施主体 Implementing organization	調査員 Investigator	回収方法 Collection method
第1回 1st	2,875	2,713	1,876	69.1%	大船渡市 Ohunato city	コンサルタント会社に委託 Outsourced to a consultancy company	郵送 Mail
第2回 2nd	2,487	2,487	1,879	75.6%	大船渡市 Ohunato city	コンサルタント会社に委託 Outsourced to a consultancy company	郵送 Mail
第3回 3rd	2,276	2,276	1,609	70.7%	大船渡市 Ohunato city	大船渡市 Ohunato city	郵送 Mail
第4回 4th	1,567	1,567	1,544	98.5%	大船渡市 Ohunato city	大船渡市応急仮設住宅支援協議会 Ofunato City emergency temporary housing support council	郵送、電話、訪問 Mail, phone, visit
第5回 5th	802	802	797	99.4%	大船渡市 Ohunato city	大船渡市応急仮設住宅支援協議会 Ofunato City emergency temporary housing support council	郵送、電話、訪問 Mail, phone, visit
第6回 6th	306	306	306	100.0%	大船渡市 Ohunato city	大船渡市応急仮設住宅支援協議会 Ofunato City emergency temporary housing support council	郵送、電話、訪問 Mail, phone, visit

用いたデータは、大船渡市が行った被災者住宅復興意向調査の結果である（表３－１－①－１）。その結果、まず住宅復興の方法については、当初は無回答が全体の半分程度を占めていたが、それが時間の経過とともに徐々に意向が固まってきたこと、意向が最終的に確定するまでに、早期の段階では「自力再建」から「防集」へ、「民間賃貸」から「災害公営」へ、またその後の段階では逆に「防集」から「自力再建」へ、などの多様な変化が見られたこと、その背景としては各種事業制度枠組みや支援策の内容に関する被災者への情報提供や事業進捗に関する情報提供があったことが考えられること、最終盤においても「無回答」から「自力再建」や「災害公営」への変化が見られたこと、その背景としては仮設住宅の閉鎖により被災者が意思決定を迫られたという事情があったことが考えられること、最終的な住宅復興の方法は、当初の意向とは大幅に異なっており、特に「自力再建」「災害公営」が割合的に特に大幅に増加したこと、等が明らかになった（図３－１－①－10）。

また住宅復興の場所についても、当初は無回答が全体の半分程度を占めていたが、それが時間の経過とともに徐々に意向が固まってきたこと、最終的な住宅復興の場所に関して利便性の高い地区の世帯減少率が低いこと、被災によって元の居住地区から

離れて仮住まいしたものの最終的には元の地区に戻った世帯も少なくないこと、仮住まいを機に従前居住地区外の内陸に移転した世帯数は全体の１割弱と必ずしも多くはなかったこと、等が明らかになった（図３－１－①－11）。

このような意向の変遷については、以下の３期に分けて捉えることができる。

第一期は「意向確定期」であり、概ね被災後から 2013 年までが該当する、この時期に、さまざまな事業の制度枠組みや被災者支援策の内容が固まり、それに関する情報提供が数多く開催された説明会等を通じて被災者になされたことによって、その意向が確定していった。当初は約半数を占めていた無回答が、これにより減少し、復興の方法や場所に関する意思決定を行っていった。

第二期は「意向変化期」であり、第一期と重なりつつ、概ね 2012 年から 2015 年までが該当する。当初行った意思決定を、社会情勢の変化や復興事業の実施（遅延）状況の変化により変更させていった時期である。この時期に特に、地価の高騰などを原因とすると考えられる「自力再建」から「防集」への意向変化や、事業の遅延を原因とすると考えられる「防集」から「自力再建」への意向変化、利便性の高さや住み慣れ具合に重きを置くようになったことによると考えられる「内陸部」から「中心市街地」等への意向変化等が発生していた。

第三期は「最終決断期」であり、さまざまな事情から意思決定を遅らせていた世帯が、仮設住宅の閉鎖を契機として最終的な決断を行った時期である。この世帯には大きく２つの類型があることがうかがえた。一つは自力再建を意図していたものの、地価や建設費の高騰が落ち着くのを待っていた場合であり、そのような世帯は「無回答」から「自力再建」へと意向を変化させていった。もう一つは家賃負担等の理由から仮設住宅での居住を継続していた場合であり、そのような世帯は「無回答」から「災害公営」へと意向を変化させていった。

以上のことから、政策的に重要であると示唆されるのは、以下の４点である。

一点目は、被災者意向の段階的な把握の重要性である。被災者の住宅復興の方法や場所に関する最終的な意向は、当初の意向と比較して大きく変化していた。また、その変化も段階的に発生してきていた。したがって、被災者の意向を段階的に把握することは、各種事業の適切な規模や場所を決定するために、非常に重要な役割を果たしているといえる。

二点目は、事業制度や被災者支援枠組みを早期に決定することの重要性である。今回の復興プロセスにおいては、さまざまな事業制度や支援の枠組みが、被災後、徐々に決められていった。もちろん、これらは被災者の意向を勘案して決定されなければならないという側面もあるため、すべてを事前確定的に決定しておくことは困難である。とはいうものの、これらが被災者の意思決定に影響を与えていることが示唆されたことから、この決定が早まれば被災者の意思決定も早まり、住宅復興自体も早まると考えられる。

三点目は、現実的な事業スケジュールの提示の必要性である。事業スケジュールが遅延することによって、それらの事業から別の復興の方法へと意向が変化することが示唆されたことから、すべてが順調に行けばという希望的スケジュールではなく、一

定の遅延リスクも踏まえた現実的な事業スケジュールを予め提示することが、途中段階での被災者の意思変更と事業からの離脱を防止するためには重要であると考えられる。

四点目は、意思未決定の仮設住宅居住者に意思決定を促す取り組みを早期に始めることの重要性である。最終盤での意思未決定者は、自力再建を遅らせている層と、公営住宅入居を遅らせている層に分けられた。このうち特に後者の層に含まれる被災者に対して早期の意思決定を促すことにより、またはこれら２つの層を早期の段階で峻別することにより、早い段階で、特に公営住宅整備事業の量的枠組みの決定を行うことが可能になると考えられる。

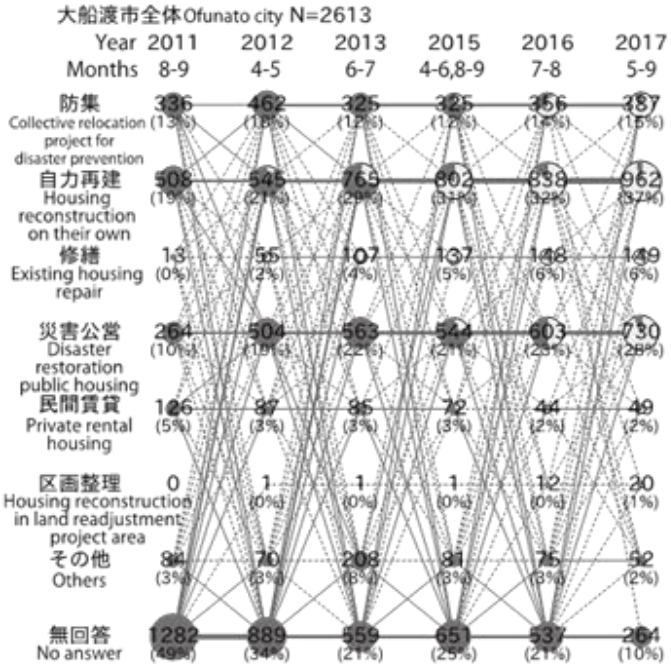


図３－１－①－10 大船渡市における住宅復興方法に関する意向の推移

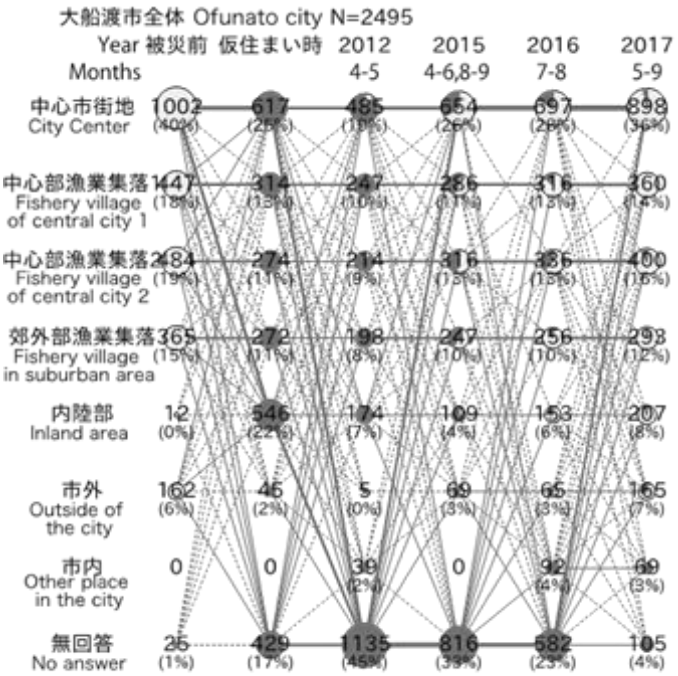


図３－１－①－11　大船渡市における従前居住地及び住宅復興場所に関する意向の推移

(c) 結論ならびに今後の課題

本業務では、これまで開発・公開してきているアーカイブシステムが高頻度で利用されていることを確認した。今後は、これまで開発してきた教訓等に関するアーカイブシステムについて、その後、新たに得られた知見や災害の事例をもとに、コンテンツの充実化を継続する。また、人材育成手法として災害時に必要とされる「生きる力」因子を向上させる、いちプログラムを実装し、その効果を確認した。今後は、東日本大震災で被災した地域において実施されている研修・教育プログラム（自治体、学校）の事例把握・検証を行う。

本調査においては、被災者の意思決定過程を「意向確定期」「意向変化期」「意向最終決断期」の３段階に分けることができることを結論として得、そこから被災者意向の段階的な把握の重要性、事業制度や被災者支援枠組みを早期に決定することの重要性、現実的な事業スケジュールの提示の必要性、意思未決定の仮設住宅居住者に意思決定を促す取り組みを早期に始めることの重要性の４点について指摘した。

今後の研究課題としては，各住宅復興の方法や場所に関する個別的な分析、個人属性との関係性の分析等を通じて、より詳細な意思決定変化のメカニズムを明らかにすることが挙げられる。

(d) 引用文献

文部科学省研究開発局・独立行政法人海洋研究開発機構，南海トラフ広域地震防災プロジェクト，平成 25 年度成果報告書，410p，2014.

三重県防災対策部，「誰が何に困ったのかリスト」，三重県新地震・津波対策行動計画・資料，http://www.pref.mie.lg.jp/D1BOUSAI/84149007964.htm，2014
佐藤翔輔，岡元徹，今村文彦：震災からの「教訓」を伝える 2 つのデータベースの実装とその評価：「3.11 からの学びデータベース」と「震災教訓文献データベース」，災害情報，No.16，pp. 95-104，2018.1.
Shosuke Sato, Toru Okamoto, Fumihiko Imamura: Development and Evaluation of a Search Support Portal for Public Videos Related to the Great East Japan Earthquake: "3.11 Video Portal－ Great East Japan Earthquake Public Footage Finder", Journal of Disaster Research, Vol.13 No.2, pp. 313-320, 2018.3.
Motoaki Sugiura, Shosuke Sato, Rui Nouchi, Akio Honda,Tsuneyuki Abe, Toshiaki Muramoto, Fumihiko Imamura: Power to live with disasters: Eight personal characteristics suggested by the survivors of the 2011 Tohoku Earthquake, PLOS ONE, 10(7), e0130349, 2015.7.
佐藤翔輔，杉浦元亮，邑本俊亮，今村文彦：被災地大学における「復興」を題材にした科目の実践と事例分析－受講者の事後変化に着目して－，日本災害復興学会論文集，No.11，pp.1-7，2017.8

②復興

(a) 業務の要約

大規模災害により被災した市街地の復興を、「復興モニタリンスシステム」を通じて、定点観測システムによる観測、アーカイブ化を引き続き行っている。

(b) 業務の実施方法

システムの維持管理作業を以下の通り、実施した。2018 年 11 月 10 日―11 日大槌町・石巻、2019 年 3 月 15 日―17 日大槌町、陸前高田、石巻。

カメラ内のデータ取得（MicroSDカード）

インターネット接続
※表示は問題ない

大槌町役場屋上（カメラ設置）から大槌町の様子

図３－１－②－１　大槌町役場屋上カメラの維持管理作業（2019 年 3 月 15 日実施）

本業務のモニタリングカメラの設置場所の現状と概要を表３－１－②－１に示す。

表３－１－②－１　モニタリングカメラの設置場所の現状と概要

設置都市	設置先	設置台数	概要
大槌町	UR 都市機構大槌復興支援事務所	1	・10～15 時（毎時 0 分に撮影） （月、水、木、金、土、日） ・4 時～16 時（毎時 0 分に撮影）（火）
大槌町	大槌町役場カメラ	1	・10、14、20 時に撮影 （月、水、木、金、土、日） ・0 時～23 時（毎時 0 分に撮影）（火）
陸前高田市	みんなの家	1	・10～20 時（毎時 0 分に撮影） （月、水、木、金、土、日） ・0 時～23 時（毎時 0 分に撮影）（火） ＜2016 年 7 月 23 日にカメラを移設＞
石巻	松川横町（東向き）	1	・10、15、20 時に撮影 （月、水、木、金、土、日） ・0 時～23 時（毎時 0 分に撮影）（火）
	松川横町（西向き）	1	・10、15、20 時に撮影 （月、水、木、金、土、日）

			・0 時～23 時（毎時 0 分に撮影）（火）
	アイトピア 商店街	1	・10、15、20 時に撮影 （月、水、木、金、土、日） ・0 時～23 時（毎時 0 分に撮影）（火）
神戸 市	長田区御蔵地区	2	・10 時、14 時に撮影

(c) 業務の成果

カメラの維持管理を行うことで東日本大震災ならびに阪神・淡路大震災の復興状況の連続観測を継続的に実施し、復興事業の進捗にともなう、まちの連続的変化の記録を行うことができた。

陸前高田（図３－１－②－２陸前高田）については復興の進捗にともない、カメラを設置していたみんなの家（集会所）が解体されたことから 2017 年 7 月 23 日にカメラの移設を行っている。移設場所は元の設置場所の上部に位置する民家であり、画角は変化しているが撮影されている範囲は同様である。移設前までの観測においては都市の基盤となる道路等の整備が行われていたが、移設後は基盤整備が完了し、商店や住宅が再建されていく様子が観測されている。

大槌町（図３－１－②－２大槌）においては 2017 年－2018 年の比較から明らかなように住宅の建設がなかなか進展しない様子が観測されている。石巻市（図３－１－②－２石巻）においては商店が建設される様子が観測されている。神戸市長田区（図３－１－②－２神戸）では 2007 年から観測を行っているが震災から 10 年以降はあまり住宅再建が進んでいかないことが観測画像から分かる。

2014 年 2 月 28 日　　2016 年 2 月 28 日　　2018 年 2 月 28 日
（設置場所変更）

陸前高田

2014 年 8 月 19 日　　2016 年 8 月 23 日　　2018 年 8 月 19 日
（8 月 19 日観測データ欠測）　（設置場所変更）

大槌

2015 年 4 月 3 日　　2017 年 4 月 3 日　　2018 年 4 月 3 日

石巻

2007 年 7 月 30 日　　2017 年 7 月 30 日　　2018 年 7 月 30 日

神戸

図３－１－②－２　復興の進捗にともなうまちの変化

(d) 結論ならびに今後の課題

復興モニタリングを開始して５年間が経過、復興事業の進捗・完了にともないカメラの設置位置の変更、観測の終了を余儀なくされた地域も存在する。

今後は観測データを用いた復興進捗状況の分析を実施していく予定である。

(e) 引用文献

なし

③被害

(a) 業務の要約

平成 25～29 年度に実施した本プロジェクト成果を利活用・補遺するとともに、本プロジェクト 1-b とも連携しながら、構造物等の被害調査結果利活用のための戦略に関する検討を実施した。具体的には次の通りである。

1) ライフライン（上水道）については、昨年度までの取り組みでは碧南市水道課にヒアリングを行い、現況における水道施設の諸元や、管路耐震化等の防災減災事業の計画や実施状況について把握したほか、実行可能な減災対策について議論し取りまとめた。具体的にはまず、①昨年度 1-b で別途構築した碧南市水道システムの復旧シミュレーションモデルのうち、運搬給水車および管路修繕班の稼働可能数の精緻化を試みた。さらに、②碧南市との議論や東日本大震災での事例検証を行う中で、昨年度 1-a で考案した各種減災対策に加え、新たに複数の対策を考案した。

2) 建築構造物の被害について、2016 年熊本地震において重要施設の被災による機能喪失の影響が災害復旧において重要だったこと、建物の健全性を示すモニタリングの活用状況などに基づき、市庁舎建物のモニタリングの試みや今後の利用方針を述べた。

3) 地盤・土構造物については、現行のレベル２地震動に対する河川堤防の耐震点検フローの三次点検では、技術者の判断で解析手法を選択できるが、解析手法それぞれに適用性・予測精度・適用限界が存在するため、耐震性の観点からこれらを比較・整理した。

(b) 業務の実施方法

1)ライフライン（上水道）については、(c)業務の成果に含まれるため省略する。

2)建築構造物については、前年度までに述べた東日本大震災における地盤・建物の強震観測状況、その後の構造ヘルスモニタリングの発展（日本建築学会強震観測小委員会，2018 など）を背景とし、2016 年熊本地震における庁舎等の重要建物の被災による影響（日本建築学会 2016 年熊本地震災害調査委員会， 2018 など）から、市庁舎建物での強震観測と構造モニタリングについて実施・活用方針を検討する。

3) 地盤・土構造物については、我が国の代表的な地震時を対象とした地盤変形解析手法の特徴を列挙し、河川堤防の耐震性の観点からそれぞれの長所や短所を比較した。

(c) 業務の成果

1)ライフライン（上水道）

a)復旧シミュレーションモデルのインプット条件精査

昨年度 1-b で構築したシミュレーションモデルでは、被災後の応急給水活動に使用できる給水運搬車の台数目安（2m3 車換算）を「最大 108 台」、被害管路の復旧に当た

る修繕班の稼働組数目安を「最大 25 組」と設定したが、これらの現実的な数量について精査した。

i)給水運搬車台数の精査

給水運搬車台数（2m3 車換算）については、自前の運搬車と遠方から応援に来るもの等を差別化して「(ア) 発災直後から稼働できる台数」、「(イ) 発災後４日目に稼働できる台数」および「(ウ) 発災後８日目に稼働できる台数」をそれぞれ推量し、これらの合計値を最大の稼働台数とみなした。「(ア) 発災直後から稼働できる台数」としては、碧南市で独自保有する数量（8.25 台分．今後整備予定も含む）と日本水道協会主導の支援による台数（１台分。同協会による試算結果（日本水道協会、2017）を元に類推）を加えた 9.25 台分を想定した。「(イ) 発災後４日目に稼働できる台数」としては碧南市と災害時の連携協定を締結している他自治体から派遣される２台分、「(ウ) 発災後８日目に稼働できる台数」としては被害の少なかった他の自治体や自衛隊による不確実な支援として３台分を想定した。

以上の想定台数を合算し、発災時に碧南市で稼働しうる運搬給水車を「最大 9.75 台（2m3 車換算)」と見積もった。

ii)修繕班の稼働組数の精査

碧南市と協定を締結している工事会社を中心に、最大 10 組の修繕班が確保できる前提でシミュレーション条件とすることを、同市との間で確認した。

b)減災対策の追加考案

表３－１－③－１の通り、昨年度考案の減災対策メニューに加え新たな対策を考案した。以降では今年度考案した対策について説明する。

i)Case8：管路修繕に替えて仮設管路の敷設を実施

東日本大震災をはじめとした既往の災害では、液状化等で管路被害の集中した地域で逐次管路を修繕するのではなく、露出の仮設配管を新設することで給水再開の早期化を図った事例が数多く存在する。本検討では碧南市の上水道システムでも同様の施策が効果的な地域が存在するかどうか検証した。

碧南市の管路のうち、特に被害率の高い口径 75mm 以下の管の被害件数・仮設管路の敷設/修繕に係る日数と、当該管路が埋設されている地域の液状化危険度（PL 値）との関連について、表３－１－③－２にまとめる。この結果を勘案し、液状化の危険性が極めて高い「PL>15 の地域」および、その多くが「PL>15 の地域」に隣接する「5<PL≦15 の地域」を合わせて仮設配管で対応することが効率的であるとの判断に至った。これらの仮設配管の敷設を、Case8 の対策とする。

表３－１－③－１　碧南市水道事業における減災対策案（※今年度新たに考案した対策）

想定した対策		前提条件
市独自の施設整備	Case1	第２配水場に加えて、第１配水場を耐震化した場合
	Case2	第１配水場の有効貯水量を、5,500 ㎥から１万㎥に増量した場合
	Case3	小口径管路延長の大半を占める、経年塩ビ管の耐震化を実施した場合
	Case4	口径 150mm 以上の耐震化を実施した場合 （昨年度報告書にて「200mm 以上」と記載したが、誤り。）
	Case5	給水ブロックの細分化を実現し、細かいエリアでの給水開始や遮断が可能となった場合
連携による施設整備	Case6	愛知県水道との支援連絡管や、近隣市町村行政との緊急時連絡管、応急給水支援設備を活用した場合
需要者の自助による対策	Case7	水道需要者一人あたり 3L/日×3 日の飲料水を備蓄した場合
計画的復旧	~~Case8~~ →廃止	復旧作業班（周辺からの応援）の確保・効率的な復旧作業班の配置をした場合 （周辺からの応援を含めた復旧作業班数は別途精緻化。作業班の効率的配置は Case5 で実施。）
	Case8※	被害の集中するエリアで修繕に替えて仮設管路の敷設を実施した場合
	Case9※	仮設給水栓を早期に立ち上げた場合
	Case10※	市内に耐震性緊急貯水槽を設置した場合
上記対策を複数実施	Case11	上記からいくつかを選択して実施した場合

表３－１－③－２　φ75 ㎜以下の管路の被害件数・作業所要日数と PL 値との関係

PL値区分	延長（m）	被害件数（件）	仮設配管日数	修繕所要日数
15＜PL	40,035.2	665.8	21	34
5＜PL≦15	24,873.4	261.1	13	14
0＜PL≦5	8,337.0	112.0	5	6
PL=0	121,116.2	459.2	61	23

※作業日数の算定に係る歩掛りは、下記の通りとする。
【仮設配管敷設】200m/日/班（碧南市へのヒアリング結果を踏まえ設定）
【管路修繕（応急復旧）】2 箇所/日/班（厚生労働省健康局水道課、2015）

ii)Case9：仮設給水栓の早期立ち上げ

碧南市内には、愛知県所有のものも含め計 43 箇所の応急給水栓が存在し、これを開放することで配水場に貯留されている水を使用することができる。碧南市の従来の計

画では、43 箇所中の 17 箇所を早期（発災後４日目時点）に、残る 26 か所を発災後８日目時点で開放することとなっている。Case 9 では、43 箇所すべての給水栓を発災後４日目時点に開放することで、発災直後の給水能力の向上を図る。

iii)Case10：耐震性緊急貯水槽の設置

碧南市では市内７箇所の避難所（広域避難場所）に緊急貯水槽を整備し、応急給水拠点とすることを計画している（碧南市開発水道部、2009)。これらの整備を完了し、仮設給水の拠点を７箇所増加させた場合を Case10 とする。

2) 建築構造物

a) 背景と目的

東日本大震災では、東北・関東を中心に多数の建物で強震観測記録が得られた（H29 年度本プロジェクト報告書，３．１.③.２))。また地震応答観測記録をベースとした建物健全性モニタリングシステムがいくつかの建物で稼働し、安全性確保に加えて建物の継続使用の判断基準となり得ることが注目され、強震観測の重要性が意識された(日本建築学会強震観測小委員会，2018)。

2016 年熊本地震では庁舎等の重要施設の被災による機能喪失が課題となった（日本建築学会，2018)。新耐震設計法に従って保有水平耐力計算がなされていても、靭性能の大きい構造物では変形が大きくなる可能性がある。また震度６強～７レベルの地震動に対しては、重要度係数を考慮して設計を行ったとしても、ある程度の構造損傷の可能性はある。したがって、BCP 等に基づく機能継続のためには、建物が使用できるか否かの判断が重要になる。南海トラフ地震における広域大災害においては、きわめて多数の被災建物の早期復旧は不可能であり、したがって災害前の備えとして耐震性の向上に加えて被災度（健全度）を早期に把握する手段の整備が必須である。

このような背景から、これまでに東海地域の中低層建物を中心に強震計の設置を進め、また地盤・建物の強震観測記録の収集・整理を行ってきた（H25～28 年度本プロジェクト報告書，３．２.④)。ここでは、碧南市庁舎において 2017 年から開始した強震観測の結果から、将来の被災度判定の可能性を考察する。なお本報告書３．２.④でも同様の観測結果を使用しているが、その際の主目的は地震応答・被害予測に向けた構造物の動的モデル化とそのための観測記録の活用であり、本項で述べる発災時の対応のためのモニタリングと対をなすと考えられる。

b) 対象建物と強震観測の概要

対象とする碧南市庁舎の詳細は本報告書３．２.④に示している。SRC 造ラーメン(大梁の一部はＳ造)、地上 10 階（うち塔屋８～10 階)、地下１階、杭基礎の建物である。1997 年に構造設計が行われており、保有水平耐力計算によっている。重要度係数 I=1.5、目標値としては保有水平耐力/必要保有水平耐力=2.0 とされている。

地震計は１階と９階に設置されている。いずれもスタンドアロンで３成分を計測する普及型の地震計であり、１階はキネメトリクス社製 ETNA 地震計、９階は K-NET95 地震計である。時刻同期はなされていない。９階の設置位置は塔屋のエレベータ機械室のため、データのあふれやトラブルに備えてトリガレベルの異なる２台の地震計を同一カ所に併設した。このような地震計によれば、既存建物への設置が容易であり、高

層～中層の建物では十分な応答・損傷評価が可能であることが示されている（飛田ほか，2010）。また、中小地震による特性を蓄積することで長期にわたる劣化等の評価も行いうる。

c）地震応答の分析

2019 年３月までの観測記録を表３－１－③－３に示す（本報告書の表３－２－④－２と記録は同じ）。１階の地震計の欠測はトラブルあるいはトリガレベル以下の振幅のためである。両方の記録がある３地震から、2018 年６月 18 日の大阪府北部の地震について、加速度波形を図３－１－③－１に示す。

１階と９階の両方で記録がある場合は、それらの２階積分による絶対変位の差から相対変位（変形）を求め、９階のセンサ設置高さで除して平均的な変形角を求めている。一方、９階のみが観測されている場合は、絶対変位から便宜的に層間変形角を求めた。最大変形角を表３－１－③－３に合わせて示す。また、１階と９階の記録から伝達関数のカーブフィットにより固有振動数を求めている。大阪府北部の地震について伝達関数と推定された固有振動数を図３－１－③－２に示す。相対変位（変形）や伝達関数の振幅・位相などに明確な特性が見られ、本例のような比較的簡易な計測であっても構造物の応答や変形などを十分に評価できることがわかる。

３地震について、最大層間変形角と固有振動数の関係を図３－１－③－３に示す。これらより、小地震でも層間変形角を適切に計算できること、固有振動数の振幅依存性が明確であることなどがわかる。本データは小振幅の範囲にとどまるが、変形角の評価により構造損傷につながる情報を得られることが確認できた。

表３－１－③－３　碧南市庁舎の地震観測記録と応答特性（2018～2019）

年月日	時刻	震央	規模 M	碧南震度	1F 加速度(gal) EW	NS	UD	9F 加速度(gal) EW	NS	UD	最大変形角 EW	NS
2018.4.14	10:36	愛知県西部	3.6	2	－	－	－	18.5	9.9	41.1	$9.7*10^{-6}$	$2.4*10^{-5}$
2018.4.14	10:36	愛知県西部	4.5	3	－	－	－	89.3	66.4	49.6	$1.2*10^{-4}$	$2.8*10^{-4}$
2018.6.18	7:58	大阪府北部	6.1	2	4.8	7.1	3.9	23.5	52.2	7.6	$9.0*10^{-5}$	$1.9*10^{-4}$
2018.8.14	20:51	静岡県西部	3.9	1	4.6	1.7	1.5	6.7	5.2	4.3	$1.0*10^{-5}$	$1.5*10^{-6}$
2018.10.7	10:14	愛知県東部	5.0	2	8.0	3.4	3.7	16.5	17.6	9.1	$3.6*10^{-5}$	$3.6*10^{-5}$
2018.11.2	16:54	紀伊水道	5.4	1	－	－	－	4.1	5.6	2.1	$1.7*10^{-5}$	$1.4*10^{-5}$
2018.11.5	8:19	紀伊水道	4.6	－	－	－	－	1.7	2.5	1.1	（変位が不安定）	
2019.3.9	1:08	美濃中西部	4.5	1	－	－	－	7.7	8.4	6.5	$1.0*10^{-5}$	$1.8*10^{-5}$
2019.3.13	13:48	紀伊水道	5.2	1	－	－	－	5.9	8.6	1.6	（変位が不安定）	

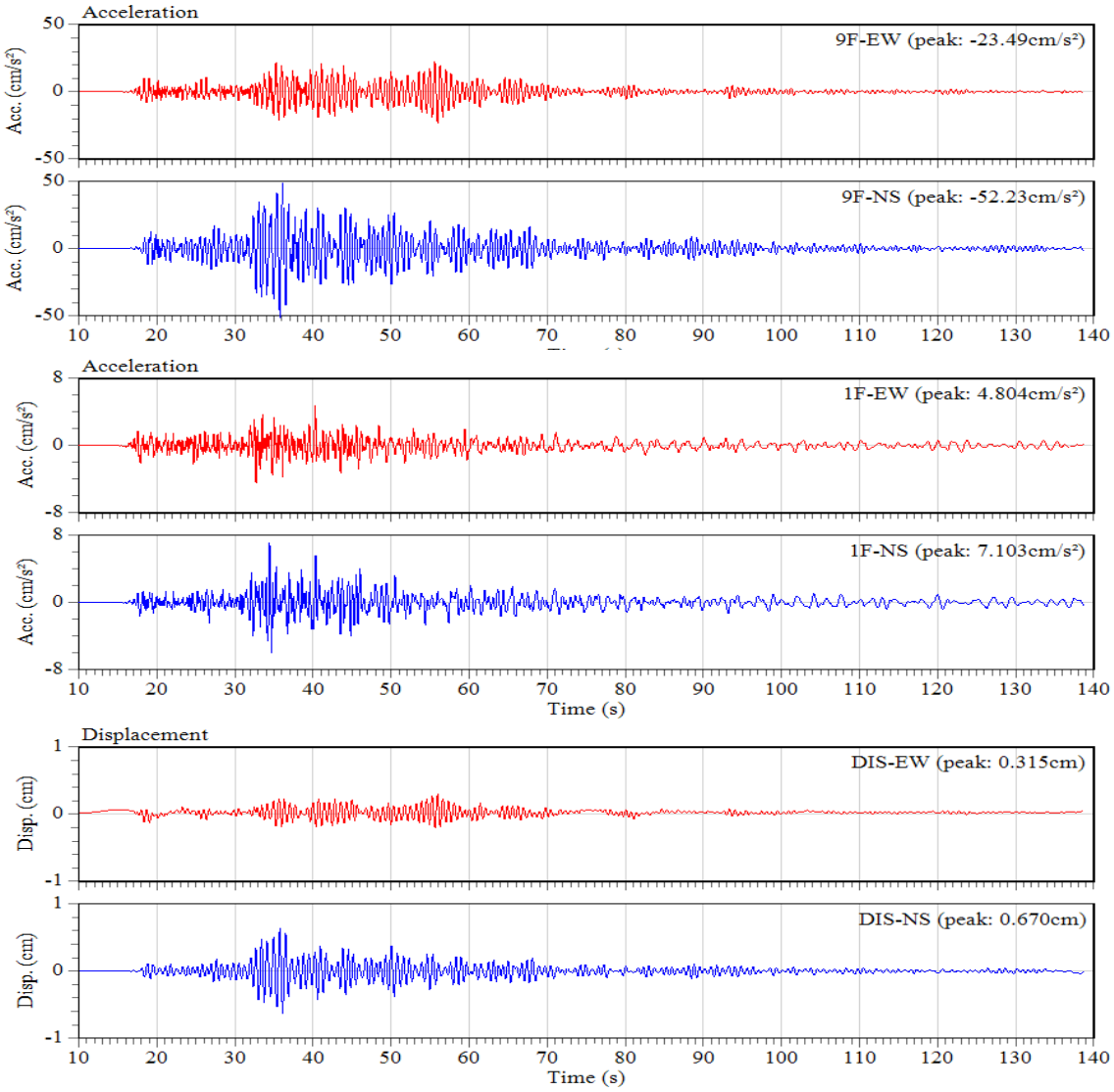


図３－１－③－１　大阪府北部の地震における観測波形（加速度、相対変位）

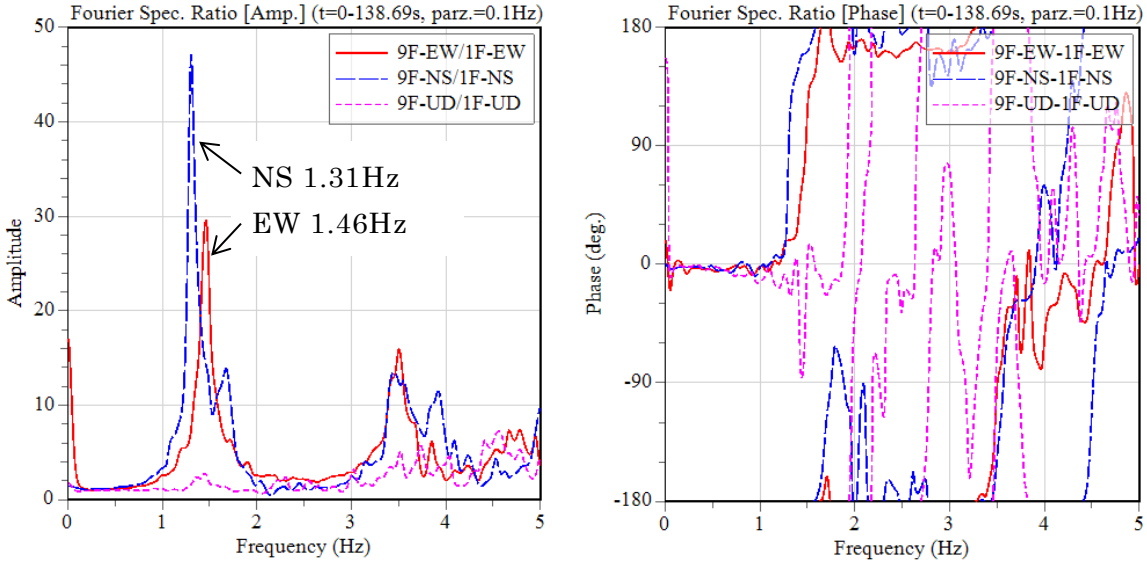


図３－１－③－２　大阪府北部の地震における 9F/1F 伝達関数

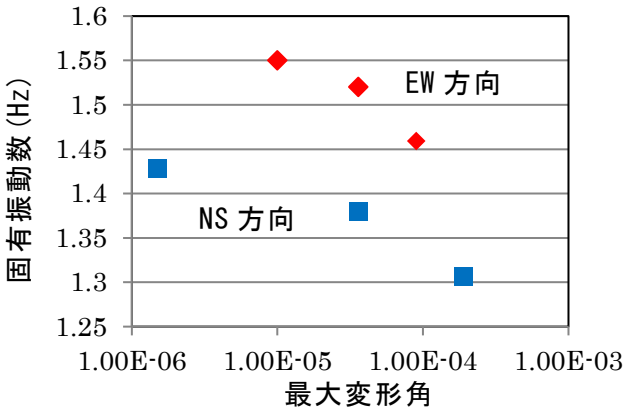


図３－１－③－３　最大変形角と固有振動数の関係

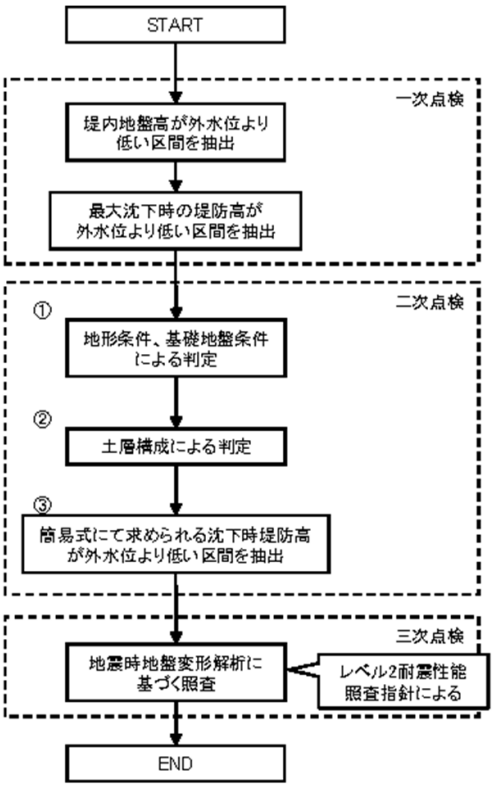
3）地盤・土構造物

日本の国土は他国と比べて起伏に富んでいるため、可住地が狭く、都市機能（人口・資産）が沖積平野に集中している。特に、東京・名古屋・大阪の大都市は、関東平野・濃尾平野・大阪平野といった広大なゼロメートル地帯（地表標高が満潮時の平均海水面よりも低い土地）を抱えている。これら地域の住民の生命や資産を洪水・氾濫・水害から守るのが、河川堤防をはじめとする防護施設である。しかし、平野部は一般的に地下水位が高いことに加えて、堆積年代が若いことから地盤が軟弱であることが多く、地震時に液状化をはじめとする地盤災害が発生する危険性が高い。人口・資産が集中した区域で河川堤防が被災し、決壊すると、甚大な浸水被害につながってしまう。そのため、特に、南海トラフ巨大地震の発生が危惧される太平洋岸地域においては、河川堤防の耐震性照査と照査結果に基づく適切な対策が急ピッチで進められている。

これまでの河川堤防の耐震性照査法に目を向けると、1995 年の兵庫県南部地震以前は、軟弱地盤上の堤防では、必要に応じて、地震外力に対する安定性を検討することになっていたものの、基本的には土堤の安定性評価に地震外力は考慮されてこなかった（国土交通省、1985）。しかし、兵庫県南部地震を契機に、堤防の耐震性確保に関する取り組みが進められ、河川構造物で一般的に用いられる水平震度（慣性力のみを考慮時 K_h=0.2、液状化考慮時 K_h=0.15）を考慮した安全性照査、つまり、レベル 1 地震動相当に対する安全性照査が確立された。しかし、この照査法（震度法）は、地震時の動的な振動現象をこれと等価な静的水平力に置き換えて作用させる疑似的／簡便的なものであり、繰返し振動に伴って進行する剛性低下や過剰間隙水圧の発生等の地盤の乱れの影響は考慮することができていない。その後、仕様設計から性能設計へと移行するにあたり、河川堤防設計指針（国土交通省、2007）、河川構造物の耐震性能照査指針(案)・同解説（国道交通省、2007）が策定され、レベル 2 地震動を対象とした堤防の耐震性能照査が開始された。つまり、大きな地震動レベル（発生確率は低いものの極めて強い地震動）においては、盛土による堤防（土堤）は、その構造上、地震に対して損傷をまったく許容しないことは不合理であること、一般に、地震による損傷を受けても短期間で修復可能であることから、地震によって堤防に損傷を生じても「照査外水位」に対して越流を生じない機能を保持することを、堤防の耐震性能と考えるよう

になっている。そのため、単に安定／不安定を判定するのではなく、各種外力シナリオのもとで、河川堤防にどのような変状が生じるのかを正確に把握することが必要となっている。

現行のレベル２地震動に対する河川堤防の耐震点検フロー（国土交通省、2016）を図３－１－③－４に示す。まず、一時点検では、既往の地震による堤防天端の最大沈下量が許容沈下量を上回らないことを照査する。この最大沈下量は、図３－１－③－５に示すように、堤防高さの 75%とされている。一次点検で「否」となった場合は、二次点検として、基礎地盤および堤体の液状化による沈下を考慮した堤防天端の最大沈下量を再計算し、それでも「否」となった区間においては、三次点検として、「地震時地盤変形解析」に基づく性能照査を実施する。このように、過去の経験・計測や物性に基づいて簡易的に実施する一次点検・二次点検で危険と判定された場合は、変形解析による性能照査が必要となってくる。これら変形解析を実施することで、一次点検や二次点検とは異なり、与えられた外力に対する河川堤防の変形量を定量的に求める。



$$S_{\max} = 0.75 \times H$$

H：堤防高さ(m)

$$S = 1.41 \times H \times H_L^{1.56} \times 10^{-7.54 \cdot R_L} + 0.0655 \times H_L^{0.93} \leq S_{\max}$$

S：堤防天端の沈下量(m)
H：堤防高さ(m)
H_L：表層の液状化層厚(m)
R_L：表層の液状化層の繰返し三軸強度比

図３－１－③－４　レベル 2 地震動に対する河川堤防の耐震点検フロー

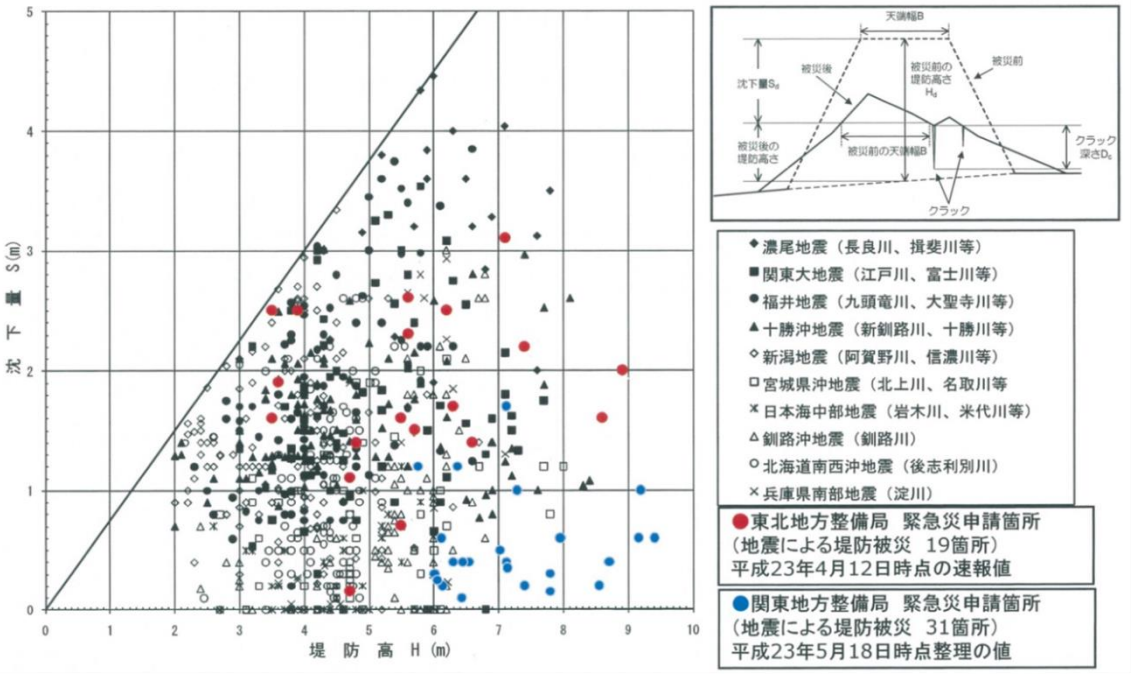


図３－１－③－５　既往地震による堤防高さと沈下量の関係

今年度の 1-b における実施項目および過年度の報告書（南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト， 2018）では河川堤防の地震時変形挙動を求めるために ***GEOASIA***（All Soils All States All Round Geo-Analysis Integration）を用いてきた。この解析コードは、土骨格の弾塑性構成式に SYS カムクレイモデル（Asaoka, A. et al., 2002）を搭載した水～土骨格連成有限変形解析コード（Noda et al., 2008）であり、①砂から粘土、中間土や人工処理度まで、あらゆる土と地盤を対象とし、②変形から破壊まで、あるいは液状化から圧密まで、あらゆる力学状態を対象とし、③静的と動的を問わずあらゆる種類の外力を対象とする、つまり、解析対象を特定しないことが最大の特徴の新しい解析技術である。レベル２地震動のような大きな揺れの場合、砂質土だけでなく N 値が小さい軟弱な粘性土の地震被害も危惧されることに加えて、地盤変状も大きくなることが想定されるため、この解析コードのような性能が重要となってくると考えられる。しかし、現状の地震時変形量を求めるための変形解析の際は、土塊を剛体と仮定して円弧すべり解析（Δu 法）、流体力学における最小エネルギー原理を用いた永久変形解析法（東畑モデル）、静的 FEM 解析である ALID、動的 FEM 解析である FLIP や LIQUA などがよく用いられる。ここでは、これら従来使われている解析手法の特徴を列挙し、それぞれの適用性・予測精度・適用限界について考える。以下に、各解析手法の特徴を示し、変形に対する比較性能を表３－１－③－４にまとめる。

a）円弧すべり計算（Δu 法）

→極限平衡法

b) 東畑モデル
　→流体力学に基づく解析
c) ALID (Analysis for Liquefaction-Induced Deformation)
　→FEM 静的変形解析
d) LIQCA (Computer Program for Liquefaction Analysis)
　→FEM 動的変形解析
e) FLIP (Finite Element Analysis of Liquefaction Program)
　→FEM 動的変形解析

a) Δu 法（円弧すべり法）：

慣性力を作用させないで液状化抵抗率 F_L より過剰間隙水圧比を算出し、有効上載圧を低減させて円弧すべり計算を行い安全率 F_s で評価する方法である。数多くの被害事例の上限を取るように沈下量と安全率の関係が設定されている。極めて簡便な手法であるが、地震動の特性（周波数、継続時間など）が十分に考慮されていないことに加えて、液状化の程度による土の特性変化は考慮されない（F_L＜1.0 では土の特性は F_L に関係なく一定）。

b) 東畑モデル：

最小エネルギー原理に基づき、液状化後の自重による変位量を計算する方法。液状化層を粘性流体とし、非液状化層を横方向の変形に抵抗する弾性体として考慮する。液状化による流動は、液状化後の地震動の継続期間中に生じるものとし、地震動の継続時間が考慮されるモデル。液状化の程度による土の特性変化は考慮されない。等体積条件での解析であり、圧密による沈下は考慮されない。そのため、液状化層厚の３～５%程度の圧密沈下が生じると仮定し、別途このような仮定に基づく沈下量算出が必要となる。

c) ALID：

液状化に伴って生じる流動を液状化後にゆっくりと生じる現象と想定し、線形の静的有限要素法によって評価。液状化後の剛性低下は、液状化判定法（F_L 法）等によって評価する。つまり、液状化判定によって地盤内の F_L 分布を求め、液状化すると判定された土については F_L と繰返し三軸強度比 R_L から液状化後の低下した剛性を求める。F_L に応じて土の剛性を徐々に低下さ、自重解析によって地震後に生じる残留変形量を求める。F_L＜1.0 で強度を一律にゼロとする Δu 法と比較すると、実際の土の特性を反映しており、動的変形解析に比べて簡便である。ただし、地震動の特性が十分には考慮されないことに加えて、非排水条件での解析であるため、圧密による沈下は簡易的にしか考慮されない。液状化層厚の３～５%程度の圧密沈下が生じると仮定し、別途このような仮定に基づく沈下量算出が必要となる。

d) FLIP：

任意方向の単純せん断を仮定したせん断応力～せん断ひずみ関係のモデルに過剰間隙水圧の発生モデルを組み合わせた非連成の解析手法。地震時の過剰間隙水圧の発生、剛性の低下を考慮し、地盤に作用する地震慣性力による地盤の変形を時刻歴で計算することができる。比較的多くの定数を設定する必要があり、そのために特殊な試験を必要とする。試験結果から直接的に決まらない定数の設定もあり、結果に影響を及ぼすため、解析者にはある程度の経験が必要となる。微小変形理論を用いているため、堤防の沈下量が大きいほど沈下量が過大に評価される。基本的に非排水条件での解析であるため、圧密による沈下は簡易的にしか考慮されない。液状化層厚の３～５%程度の圧密沈下が生じると仮定し、別途このような仮定に基づく沈下量算出が必要となる。最近は、地震後の圧密沈下を考慮できるモデルへの改良が進められている。

e) LIQCA：

有効応力に基づく弾塑性理論による方法。地震時の過剰間隙水圧の発生、剛性の低下を考慮し、地盤の変形を時刻歴で計算することができる。地盤の透水現象も考慮される原理的に実際の現象を忠実に表現しうるモデル。力の釣合い式と連続式を連成させて二相系の支配方程式を解く連成解析手法。ただし、比較的多くの定数を設定する必要があり、そのために特殊な試験を必要とする。試験結果から直接的に決まらない定数の設定もあり、結果に影響を及ぼすため、解析者にはある程度の経験が必要となる。基本的には微小変形理論に基づいているが、有限変形理論に基づくプログラムも開発が進められている。

表３－１－③－４　各種法の比較（国土技術研究センター，2002 などを参照）

手法	過剰間隙水圧の発生	土の強度・剛性の低下	盛土自重による基礎地盤の変形	盛土に作用する慣性力による変形	基礎地盤の圧密沈下
Δu 法	F_Lから求める	過剰間隙水圧の発生を考慮したせん断強度を用いる。極限平衡法であるため、基本的に剛性変化は考慮されない。	—注)	—注)	—注)
東畑モデル	F_Lから求める	液状化層は強度のない粘性流体と仮定する。	○	—	△
ALID	F_Lから求める	F_L と F_C に応じて簡易的に設定。	○	—	△
FLIP	○	○	○	○	△
LIQCA	○	○	○	○	○

注）Δu 法は基本的に、直接的に変形を算出する手法ではないが、経験的な関係をもとに、基礎地盤の圧密沈下までを含めた変形量を推定する。

以上のように、土構造物の地震時安定性評価および地震後の残留変形評価を行う手法は種々提案されており、技術者は目的や初期条件などに応じて選択している。しか

しながら、上記解析コードはいずれも、砂質地盤の液状化を対象としており、粘性土の地震被害は考慮されていない。レベル２地震動のような大きな揺れの場合、砂質土だけでなくＮ値が小さい軟弱な粘性土の地震被害も危惧されるため、そのような検討ケースの場合は、***GEOASIA*** のような粘性土の地震時挙動も取り扱うことのできる解析コードが必要とされる。なお、ここで挙げた手法を含めて、多くの手法が改良を加え、更新され続けている。したがって、ここに示す解析手法のいずれかに適用を限定するのではなく、それぞれに適用性・予測精度・適用限界があることを理解した上で、目的と条件に応じて、技術者の判断で適切に利用することが望まれる。

(d) 結論ならびに今後の課題

1) ライフライン（上水道）については、本年度検討では昨年度検討では十分に反映できていなかった、碧南市の実情を踏まえた応急給水に関わる対策案を取りまとめた。これらの対策を講じた際の減災効果については、別途 1-b)で検証する。来年度は、今後どのような順序・組み合わせで各対策を実施していくかについて、碧南市の意向を踏まえながら同市への提言を行っていく。

2) 建築構造物については、市庁舎建物における強震観測の観測例と、それに基づく構造モニタリングを検討し、地震災害時の機能被害を抑止する手法の可能性について検討した。より具体的かつ簡易な観測データ活用法の検討が課題となる。

3) 地盤・土構造物については、我が国の現行のレベル２地震動に対する河川堤防の耐震点検フローの三次点検として用いられる代表的な地震時地盤変形解析手法の特徴を列挙し、それぞれの長所や短所を比較した。現状用いられている解析コードはそれぞれに長所・短所が存在するが、すべての解析コードが砂質地盤の液状化を対象としており、粘性土の地震被害は考慮されていない。レベル２地震動のような大きな揺れの場合、砂質土だけでなくＮ値が小さい軟弱な粘性土の地震被害も危惧される。解析コードごとに適用性・予測精度・適用限界があることを理解した上で、目的と条件に応じて、技術者の判断で適切に利用することが望まれる。

(e) 引用文献

日本水道協会，地震等緊急時対応特別調査委員会 応援体制検討小委員会 報告書，2017.

厚生労働省健康局水道課，水道の耐震化計画等策定指針， 2015.

碧南市開発水道部水道課，碧南市水道ビジョン， 2009.

日本建築学会強震観測小委員会編:第 6 回強震データの活用に関するシンポジウム「将来の大地震に備えて」，72p.，2018.12.

日本建築学会 2016 年熊本地震災害調査委員会編：2016 年熊本地震災害調査報告，405p.，2018.6.

飛田潤，福和伸夫，平田悠貴，長江拓也：普及型強震計による高層建物の応答特性と損傷のモニタリング，構造工学論文集，Vol.56B，pp.229-236，2010.3.

国土交通省，建設省河川砂防技術基準，

http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/index2.html, 1985.
国土交通省，河川堤防設計指針，
http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bousai/gijyutukaihatu/pdf/teibou_sekkei.pdf, 2007.
国土交通省，河川構造物の耐震性能照査指針(案)・同解説:
http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bousai/wf_environment/structure/index3.html, 2007.
国土交通省，河川堤防の耐震点検マニュアル，
http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bousai/wf_environment/structure/pdf/ref06-20160331.pdf, 2016.
文部科学省研究開発局・国立研究開発法人海洋研究開発機構，南海トラフ広域地震防災プロジェクト平成 29 年度成果報告書， pp.75-84, 2018.5.
Asaoka, A., T. Noda, E. Yamada, K. Kaneda and M. Nakano, An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, Soils and Foundations, Vol 42. No.5, pp.47-57, 2002.
Noda, T., Asaoka, A., and Nakano, M.: Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-clay model. Soils and Foundations, Vol.48, No.6, pp.771-790, 2008.
国土技術研究センター，河川堤防の地震時変形量の解析手法:
http://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/tech/material/emb-boo-1-04.pdf, 2002.

④強震動と津波の特性、生成メカニズムに関する評価

(a) 業務の要約

南海トラフ巨大地震による、大規模平野での長周期地震動の予測の実現に向け、2011年東北地方太平洋沖地震で発生した長周期地震動の観測波形データに基づき、強震観測データ同化と地震波伝播シミュレーションによる、即時予測の数値実験を行なった。K-NET, KiK-net の実観測記録を用いて地震波動伝播の差分法計算の結果との同化を進め、高速計算により都心（新宿地点）での未来（数十秒後）の長周期地震動の予測を試みた。結果、地震発生時刻から数十秒間程度の強震観測データに基づき同化を終え、これを初期値として将来の波動場を高速スパコンにより計算することで、実際の揺れの８倍以上の速度で予測可能であることを確認した。

(b) 業務の成果

長周期地震動を形成する、周期３～10 秒程度の表面波の伝播・増幅は、３次元的に不均質な地下構造、特に表面波の波長に相当する地下数 km 程度の堆積層の影響を強く受ける。複雑な基盤形状と堆積層を持つ関東平野においては、新潟、長野、伊豆などの地震では表面波が都心にマルチパスにより集まる結果、大振幅かつ長い波群を持つ長周期地震動が強く生成するのに対し、宮城方向の地震では長周期地震動が弱いこと

が確認されている（例えば、Furumura, 2014; 古村、2014; 向井・他、2018)。こうした、堆積平野の構造不均質性と長周期地震動生成の震源方位依存性は、他の大型平野（大阪平野や濃尾平野など）でも起きることが想定される。南海トラフ地震による長周期地震動評価に向けて、観測波形解析と地震波伝播シミュレーションに基づく評価が必要である。また、南海トラフの地震では、伝播経路に沿って厚く堆積する付加体に沿って表面波が誘導される結果、大振幅かつ長い波群が生成される特徴がある（Furumura and Hayakawa, 2007)。長周期地震動のこうした特徴は、地震の規模とサイト増幅に基づく一般的な地震動予測式（GMPE）による事前評価には不確定性が大きい。

そこで本研究では、K-NET, KiK-net の強震観測データを入力として、３次元差分法により長周期地震動の波動場データ同化と、未来の波動場の予測に向けた数値実験を通じて、実観測に基づく予測の可能性を検討した。データ同化手法としては、最適内挿法（Optimal Interpolation Method）を採用した。本手法は、震度分布の即時予測（Hoshiba and Aoki, 2015）や津波の即時予測（例えば、Maeda et al., 2015）などで広く活用されている。最適内挿法は、粗い観測点で記録された地震波形の空間補完（内挿）を行って数値計算結果を補正し、各タイムステップ毎に観測と計算を同化させる手法である。この時、観測データが持つ誤差と、地下構造モデルの不確定性等に伴う計算結果の誤差の大小を考慮して、観測データの最適な内挿が行われる。

地震観測点は主として地表に限られるため、データ同化も地表付近の波動場に対してのみ行なうが、表面波（基本モード）のエネルギーは地表付近に集中するため地表観測点のみの同化でも十分と考えられる。同化により地表波動場の振幅を修正することで、表面波の伝播とともに、直ちに表面波の３次元波動場が再構築されるためでる。

長周期地震動の計算・同化領域は 480 km x 480 km x 55 km とし、防災科学技術研究所の J-SHIS モデルに基づき地下構造モデルを設定した（図３－１－④－１)。差分法計算では、３次元領域を 0.24 km の格子間隔で離散化し、長周期（＞2.7 秒）地震動の波動伝播を評価した。

本数値実験では、2011 年東北地方太平洋沖地震における都心（新宿地点）の長周期地震動の予測を行った。地震の震源域の大部分は計算領域（図３－１－④－１）の外にあるが、地震発生時刻から約 50 秒後から計算領域の北東側から揺れが始まる。差分法計算の結果と実際の波動場の同化は、計算領域内の 532 点の K-NET, KiK-net の強震観測波形を用いて行った。

地震発生から 100、120、140、及び 180 秒後までのデータ同化（図 a）を行い、それぞれの同化波動場を初期値として未来（地震発生から 160 秒後）の波動場をスパコンを用いた高速計算により予測した（図３－１－④－２)。それぞれの同化波動場から求められた新宿地点（TKY007）の予測波形と観測波形を図３－１－④－３a に示す。また、図３－１－④－３b には速度応答スペクトルの比較を載せる。予測の精度と猶予時間にはトレードオフの関係があるが、長周期地震動の波形振幅と継続時間を含めて、おおよそ予測できていることが確認された。

同化により求められた波動場は、津波データ同化（Maeda et al., 2015）の結果に

比べるとややバタついた結果になっている。これは、観測点近傍での表面波のサイト増幅の影響が大きいことや、３次元地下構造モデルの不確定性によるデータ同化の限界が考えられ、今後の改善に向けた課題と言える。

データ同化完了後に 100 秒後の地震波動場の予測に要した時間は、東大と筑波大が共同運用する Oakforest-PACS 計算機スパコン（CPU: Intel Xeon Phi 7250）の並列計算（2048 CPU）で 12.4 秒であった。これは、長周期地震動の伝播にかかる実時間より８倍高速であり、観測データの取得に合わせて予測を繰り返し進め、予測の精度を高めることが可能である。また、南海トラフ全域を対象に計算領域を４倍に拡大（図３－１－④－４；拡大モデル）した場合の計算でも 17.1 秒で計算が可能である。また、差分法計算の解像度（格子サイズ）を２倍に広げ、長周期地震動の評価対象を 5.4 秒以上に限定すれば、より小規模の（128 CPU）計算機クラスタでも同程度の時間で予測可能と見積もられる。

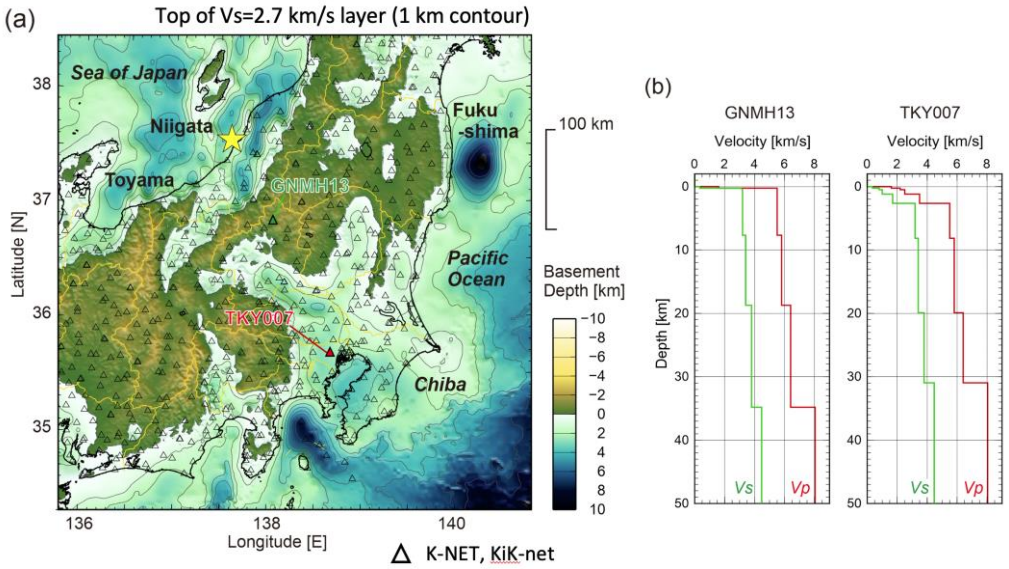


図３－１－④－１　長周期地震動のデータ同化・即時予測に用いた地下構造モデル（JSHIS による）。(a) 基盤深度分布（Vs=2.7 km/s 層の上面）、(b) K-NET GNMH13 と TKY007 地点の速度構造（Vp,Vs）。

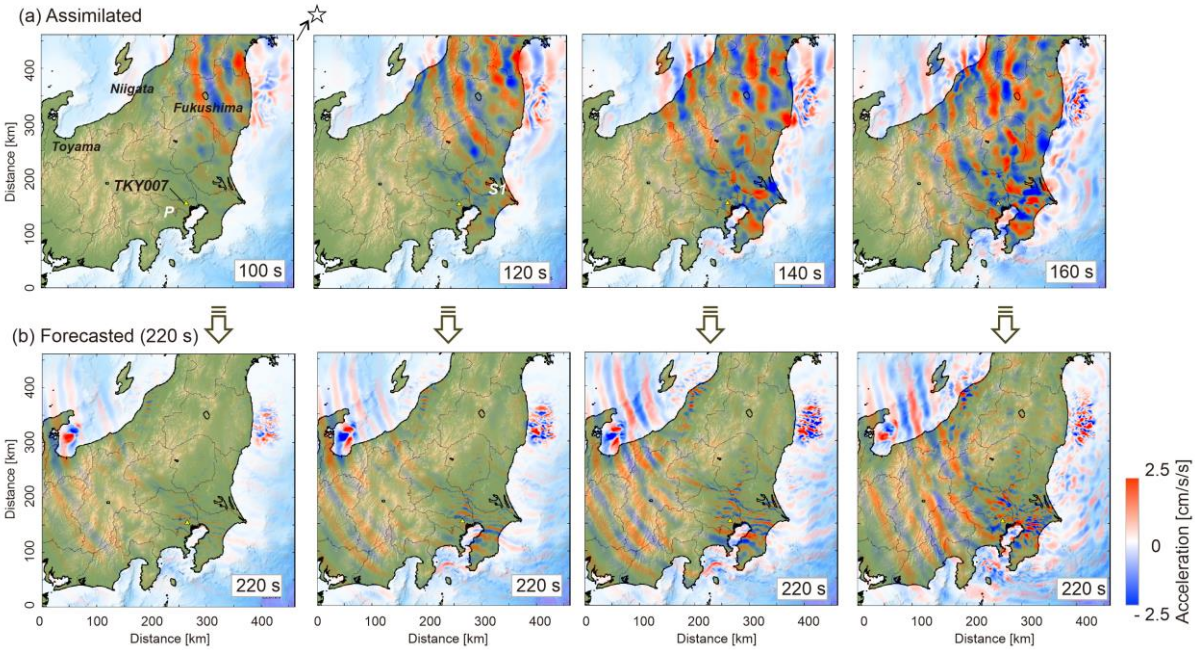


図３－１－④－２　(a)2011 年東北地方太平洋沖地震の強震観測データ同化波動場（地震発生時刻から 100，120，140，160 秒後）と、(b)これを初期値とした未来（地震発生時刻から 220 秒後）の波動場の予測結果。

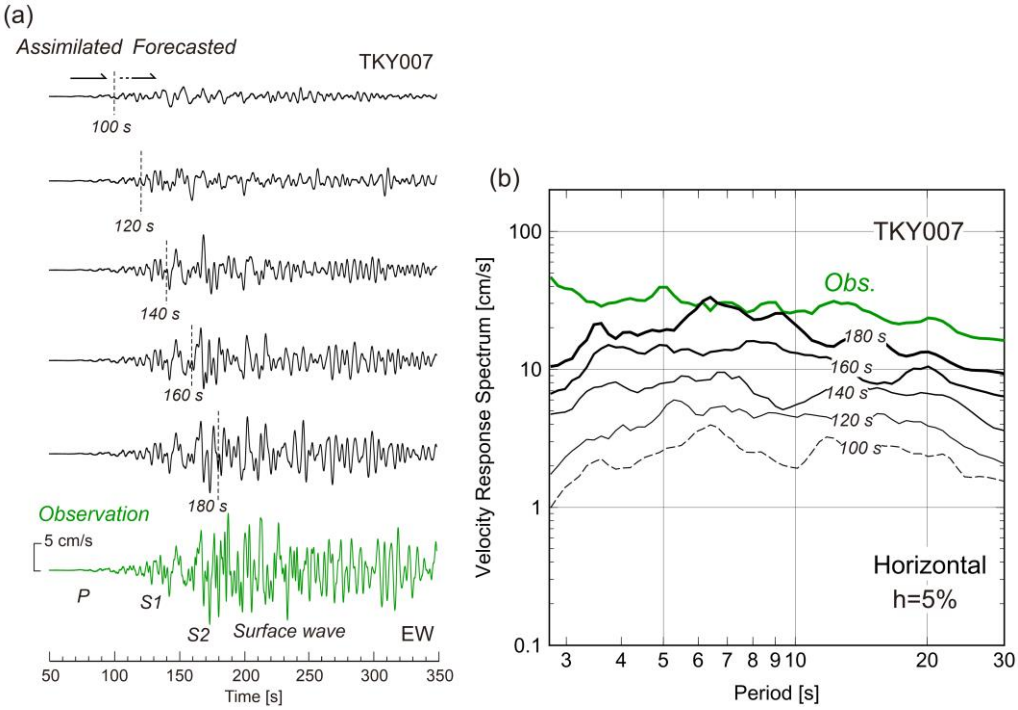


図３－１－④－３　(a) K-NET TKY007　（新宿）地点の予測地震動、地震発生時刻から 100，120，160，180 秒までの同化結果を初期値として 350 秒までの波形を予測。緑は TKY007 地点での実観測波形。(b)各予測波形から求めた速度応答スペクトル（黒線）と観測波形の速度応答スペクトル（緑線）の比較。

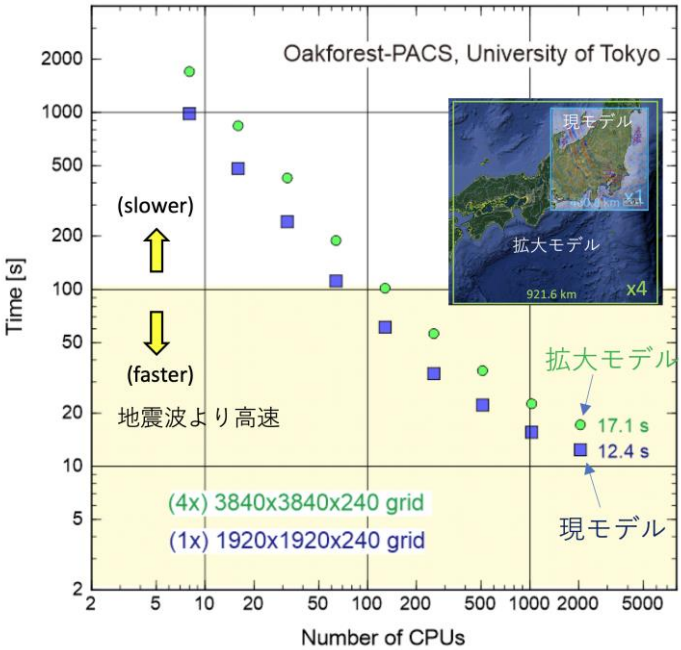


図３－１－④－４　高速スパコンの並列計算によ長周期地震動の予測にかかる時間。横軸は並列計算に用いる CPU 数を表す。現モデル領域での計算時間と、拡大モデル（領域は原モデルの４倍）での計算時間を示す。

(c) 結論ならびに今後の課題

本研究より、2011 年東北地方太平洋沖地震の強震観測データ同化に基づく長周期地震動の即時予測の有効性を示すことができた。南海トラフ巨大地震の発生直後の長周期地震動の即時予測の実現に向け、たとえば DONET 等の海底ケーブル地震計を用いて、海洋上の震源域近傍の評価地点において早期にデータ同化を終え、主要平野に向けた波動伝播を、予め計算しておいた評価地点～予測地点のグリーン関数を用いて超高速に評価するデータ同化・予測手法の高速化が可能である（大峡・古村・前田、2018；本研究集会）。この手法は Wang et al. (2017)により津波データ同化・予測の目的に開発（GFTDA; Green’s Function-based Tsunami Data Assimilation） され、本研究で進めたデータ同化・予測の手順と数学的に等価であることが示されている。データ同化・予測の精度は地下構造モデルに強く依存し、特に観測点周辺のサイト増幅特性の正しい評価が重要であることから、海域と陸域の浅部・深部地盤をシームレスに繋いた地下構造モデルの整備が必要である。

(d) 引用文献

Furumura, T., Maeda, T., and Oba, A., Early forecast of long‐period ground motions via data assimilation of observed ground motions and wave propagation simulations, Geophysical Research Letters, https://doi.org/10.1029/2018GL081163, 2019.

古村孝志，関東平野の深部基盤構造と長周期地震動リスク，地学雑誌，123(4)，434-450，doi:10.5026/jgeography.123.434，2014.
Furumura, T., Radiation and development of short- and long-period ground motions from the 2011 Off Tohoku, Japan, Mw9.0 Earthquake, Journal of Disaster Research, J. Disast. Res., 9(3), p281-p293, doi:10.20965/jdr.2014.p0281, 2014.
Furumura, T. Hayakawa, M. Nakamura, K. Koketsu, and T. Baba, Development of long-period ground motions from the Nankai Trough, Japan, earthquakes: Observations and computer simulation of the 1944 Tonankai (Mw8.1) and the 2004 SE Off-Kii Peninsula (Mw7) Earthquakes, Pure Appl. Geophys., 165(3), p585-p607, doi:10.1007/s00024-008-0318-8, 2008.
Furumura, T. and Hayakawa, T., Anomalous propagation of long-period ground motions recorded in Tokyo during the 23 October 2004 Mw 6.6 Niigata-ken Chuetsu, Japan, earthquake. Bull. Seism. Soc. Am., 97(3), 863-880, doi: https://doi.org/10.1785/0120060166, 2007.
Hoshiba, M. and Aoki, S., Numerical shake prediction for earthquake early warning: data assimilation, real‐time shake mapping, and simulation of wave propagation. Bull. Seism. Soc. Am., 105(3), 1324‐1338. doi: https://doi.org/10.1785/0120140280, 2015.
Maeda, T., Obara, K., Shinohara, M., Kanazawa, T., and Uehira, K., Successive estimation of a tsunami wavefield without earthquake source data: A data assimilation approach toward real‐time tsunami forecasting, Geophys. Res. Lett., 42(19), 7923-7932, doi: https://doi.org/10.1002/2015GL065588, 2015.
向井優理恵・古村孝志・前田 拓人，関東平野における長周期地震動強度の特徴的方位依存性とその要因、東京大学地震研究所彙報,93, 15-30, 2018.
大峡充巳・古村孝志・前田拓人，超高速データ同化のための Green 関数を併用した長周期地震動の即時予測実験,日本地震学会 2018 年秋期大会,S14-14, 2018.
Wang, Y., Satake, K., Maeda, T., and Gusman, A. R. Green’s Function-based Tsunami Data Assimilation: A fast data assimilation approach toward tsunami early warning. Geophys. Res. Lett., 44, 10,282-10,289. doi: https://doi.org/10.1002/2017GL075307, 2017.

(3) 平成 31 年度業務計画案

利用プログラムの充実と共に、東日本大震災で被災した地域において実施されている研修・教育プログラム（自治体、学校）の事例把握・検証を行う。また、これまで開発してきた教訓等に関するアーカイブシステムについて、その後、新たに得られた知見や災害の事例をもとに、コンテンツの充実化を継続する。被災者の意向の変遷について、大船渡市を事例として詳細に明らかにすると共に、特に意向が大きく変わり事業制度的に対応できなかったと言われている土地区画整理事業について、その意向変化の実態について

明らかにする。これらの結果にこれまでの研究成果を総合することを通じて、自治体レベルの各種空間復興事業の効果と課題を総合的に明らかにする。

東日本大震災の復興プロセスのモニタリング手法のとりまとめを行うとともに、今後のモニタリングについての検討を行う。

平成 25～30 年度の構造物被害調査結果を利用した他の研究課題との連携研究および総括を行う予定である。具体的には次の項目を実施した上で、各項目で総括する。

1）ライフライン（上水道）については、碧南市が更新予定としている「碧南市水道ビジョン」の作案に資するような、同市にとって効果的な減災対策の実施計画を、同市の実情（事業予算や設備更新計画等）を考慮しつつ検討していく。

2）建築構造物については、重要構造物の被災と機能維持を重点に、地震応答予測、被災予測および被災度モニタリングに関する資料調査と検討を行うとともに、実際の施設における観測の展開を行う。

3）地盤・土構造物については、過年度において取り上げていなかった大規模造成地の被害について整理しつつ、課題の抽出等を行う。

南海トラフ地震等の巨大地震による長周期地震動の予測の高度化に向け、東北地方太平洋沖地震の知見に基づき、南海トラフ地震を対象とした長周期地震動の即時予測の手法開発を進める。

3.2　地震・津波被害予測研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目　「地震・津波被害予測研究」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
名古屋大学減災連携研究センター	センター長・教授 副センター長・教授 寄附研究部門教授 准教授 准教授 特任教授 特任教授 副センター長・特任教授 寄附研究部門教授 寄附研究部門准教授 特任准教授 寄附研究部門准教授 寄附研究部門助教 特任助教 客員准教授 研究員	福和伸夫 野田利弘 利藤房男 長江拓也 平山修久 護雅史 新井伸夫 田代喬 武村雅之 都築充雄 菅沼淳 山﨑雅人 浦谷裕明 北川夏樹 宮腰淳一 石原宏
名古屋大学災害対策室	教授	飛田潤
名古屋大学工学研究科	准教授	中井健太郎
名古屋大学環境学研究科	助教	平井敬
名古屋大学地震火山研究センター	准教授	山中佳子
東京大学工学系研究科	准教授	廣井悠
国立研究開発法人海洋研究開発機構	技術研究員	今井健太郎
徳島大学大学院	教授	馬場俊孝
東北大学災害科学国際研究所	教授	今村文彦
国立研究開発法人防災科学技術研究所	部門長 総括主任研究員 主任研究員 主任研究員 主任研究員	藤原広行 平田賢治 河合伸一 中村洋光 森川信之

	主任研究員 研究員 主幹研究員 主幹研究員 契約研究員 契約研究員	前田宜浩 佐伯琢磨 先名重樹 大角恒雄 東宏樹 内山庄一郎
東京大学地震研究所	教授 特任助教	古村孝志 原田智也

(c) 業務の目的

将来人口推計して得た人口モデルや建物滅失率等を考慮した建物モデルを構築し、地震の発生時期や発生の多様性等の時間の概念を取り入れた広域の地震・津波ハザード・リスク評価を行う。地域にとって影響の大きい建物や施設等に対しては、地盤の非線形性を考慮した地盤モデルの高度化等を行い、高分解能なリスク評価を行う。ハザード・リスク評価結果の中から類型化手法により特徴的な災害パターンを抽出し、災害シナリオを作成し、防災・災害情報発信研究 1-e と連携し情報提供できるようにする。

(d) 7 か年の年次実施業務の要約

平成 25 年度：

広域リスク評価に必要な人口や建物等のモデルの整備を行った。人口モデルは将来人口推計を適用し、建物モデルは建物滅失率を考慮した。津波は既往被害事例を網羅的に整理した。地域リスク評価に必要なハザード予測・構造物応答予測手法の開発を行った。

平成 26 年度：

暫定的な広域リスク評価を実施した。地震発生の時期や規模等の各種要因のばらつきがリスク評価に与える影響度を把握した。津波被害を地形特性等の観点から分類し、地域リスク評価に必要な火災、ライフライン被害、経済被害の予測モデルの構築を行った。

平成 27 年度：

直線海岸を有する地域の木造建物被害関数の構築、高精度地震動予測手法の開発とそれによる地震動のデータベース化、防波堤の地震時変形挙動と地盤・建物の動的相互作用を考慮した建物応答予測に関する検討、発災後の電力需給ギャップの想定と電力供給設備対策の現状抽出、開発被害予測手法による巨大地震時の上水道設備の被害と復旧の予測、現在から将来における地震・津波の確率論的ハザード情報を利用した建物被害と人的被害の広域リスク評価、帰宅困難者の移動が地域の避難行動に及ぼす影響の量的把握、および全国 47 都道府県間動的応用一般均衡モデルによる巨大地震時の製油所被災の経済被害の推計を実施した。

平成 28 年度：

徳島市を対象とした長期湛水のモデリング、中京地域の地震動を予測する WEB システムの開発、盛土造成斜面の地震時変状メカニズムの解明、熊本地震で被災した建物における地盤・建物の相互作用の影響の検討、基礎滑りを許すことによる建物の耐震性向上に向けた要素実験とその分析、南海トラフ巨大地震時に想定される電力需給ギャップ解消のための需要抑制の可能性の検討、長期断水が経済に及ぼす影響の検討、道路閉塞と帰宅困難者の渋滞、消防運用を考慮した大都市における避難シミュレーションの開発、全国 207 生活圏単位での南海トラフ地震による経済被害予測を実施した。また、対策の有無による広域リスク評価結果を比較することで、対策の効果を定量的に評価した。

平成 29 年度：

地域リスク評価については、特定地域として具体的に碧南市を対象にし、平成 28 年度に構築した長周期地震動作成システムの拡張と地震動短周期成分の付加および建物応答の映像化、河口付近の地盤と盛土の弾塑性モデル化と地震応答評価、高解像度な津波氾濫過程解析に向けた環境整備と津波被害軽減に資する基礎的な対策手法についての検討、市庁舎の常時微動計測による建物振動特性分析、災害廃棄物の収集運搬と仮置場の確保を考慮した災害廃棄物処理フローモデルの構築、水道事業の被害予測と設備の耐震化による被害軽減効果の定量的評価を行うとともに、碧南市を含む圏域について、工業統計調査等に基づく市区町村単位の産業連関の可視化を用いた評価、災害後の避難・移住行動を記述する数理モデルの構築、電力関連種施設の位置情報を用いた重要道路の優先順位検討ツールの開発と評価の試行などを実施した。広域リスク評価については、発災後の災害シナリオの高度化のため、直接被害を受けない地域の間接被害の試算が可能な応用一般均衡モデルを利用し、間接被害の算出方法について検討した。

平成 30 年度：

広域リスク評価は間接被害の算出手法を高度化し、評価を行った。また、特徴的な災害パターンを類型化するための手法の検討を行い、広域での評価に向け一部地域で類型化を試行した。具体的には、経済活動別ＧＤＰの構成比等を参考に、サービス業を「卸売・小売」「金融・保険」「不動産」「運輸・通信」「サービス」に細分化し、応用一般均衡モデル（ＣＧＥモデル）を改訂した。次に、次年度に災害シナリオを作成することを念頭に、その際のシナリオ地震を６シナリオ設定し、改良したＣＧＥモデルを利用して、南海トラフで発生する間接被害の試算を実施した。試算の結果、間接被害額（ＧＤＰ減少額）は 60～140 兆円と推定される結果となった。また、各地域で、特徴的な災害パターンを類型化するため、過去の被害地震の被災地の災害事象別（揺れ・津波等）の建物被害率や人口動態等の統計値を利用し、市区町村単位で地域別の災害パターンを類型化する手法検討するとともに、設定したシナリオ地震が発生した場合の類型化を試行し、シナリオ地震の被災地を、被害の様相として７類型に、社会・経済的特長として５類型に分類した。

地域リスク評価は、具体的なモデル地域とした碧南市等を対象に、地域活動の枢

要地域を中心とした減災戦略立案に向けた以下に示す検討や予備解析・試算などを実施した。地震動の影響などを考慮した複合被害シナリオにおける津波氾濫解析と長期湛水解析を実施し、より実像に近い津波被害予測を検討した。ここでは、想定南海トラフ巨大地震に対する河川堤防の沈下量を水～土骨格連成有限変形解析により評価した結果を津波氾濫解析に組み込み、堤体基礎などの脆弱性が浸水域に与える影響を調べた。また、発災時対応の中心となる碧南市役所建物のモニタリング及び被害予測に向けた予備解析の実施、碧南市上水道システムの被害軽減シミュレーションや災害廃棄物処理フローモデルを用いた対応策の提示、電力復旧のための道路の優先順位付けツールの開発と試算、碧南市を含む周辺市町村間の経済的関係の産業間取引レベルでの分析、ならびに国土復興シミュレーションツールの開発と試算を行った。

平成 31 年度：

広域リスク評価は災害パターンの類型化手法を高度化して広域的に評価を行うとともに、類型毎に災害シナリオを作成する。地域リスク評価は、モデル地区における被害予測手法・減災戦略の社会実装に関して検討する。また、モデル地区における津波被害予測と対応策を検討する。

上記に加えて、ハザード・リスク評価や災害シナリオ、および対策前後のリスク評価によるリスク低減効果の評価結果を総括し、南海トラフ沿いに発生しうる巨大地震に対して戦略的に備えるための基盤情報として本プロジェクト 1-e 等と連携し、1-e による「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム」（Ver. 2）を介して、WebGIS でのマップ情報等の汎用的な形で、研究成果を外部に提供可能にする。

(e) 平成 30 年度業務目的

津波被害予測モデル地区において、当該地域の特性に合わせた津波被害軽減に資する対策の検討を行う。間接被害の算出手法を高度化し広域的に評価を行う。特徴的な災害パターンを類型化するための手法の検討を行い、広域での評価に向け一部地域で類型化を試行する。具体的な地域を想定して、地域活動の枢要地域を中心とした BCP と減災戦略立案に向けた検討を実施する。

(2) 平成 30 年度成果

①津波被害予測

(a) 業務の要約

本業務では、愛知県の巨大産業を支えるサプライチェーンを擁する地域のひとつである碧南市を対象として、南海トラフ巨大地震による地震動に対する堤体基礎の沈下量を数値解析によって評価した。この解析結果を津波氾濫解析に組み込むことで、堤体基礎の脆弱性が氾濫過程や浸水域に与える影響について検討を行った。堤体基礎の沈下や直立堤の崩壊を考慮することにより津波浸水域は大きく拡大することを定量的に示すことができた。このことは、沿岸構造物の耐震化の重要性を示していることはもちろんのこと、強震動による海岸・河岸構造物や堤体基礎部の脆弱性が津波ハザー

ド評価に与える影響を無視できないことを示している。

徳島県徳島市を対象として、巨大津波襲来後の長期湛水の予測手法の高度化に取り組んだ。津波浸水条件に海洋潮汐変動を加えるとともに、浸水による排水機場の機能停止を考慮した。その結果、２つの効果ともに浸水状況に大きな影響を与えることを明らかにした。樋門開閉条件が長期湛水に与える効果についても検討した。当該地域では地殻変動により時間帯によっては潮位より低くなる土地があるため、解析終了時間の 72 時間後において、樋門開条件を用いた結果の浸水が相対的に大きくなる傾向にあることを明らかにした。

(b) 業務の成果

1) 堤体基礎の地震動脆弱性を考慮した津波氾濫解析

a) 背景

河口部を包含する沿岸域は、高度成長期にともなって高度な土地利用が展開され、我が国の産業の振興・高度化や物流網の効率化に大きく貢献してきた。物流網拠点地域は海・陸路の接続に関する利便性から、沖積平野や埋め立て地のような沿岸低平地に展開され、それに伴って土地改変が行われる場合が多い。一方で、沿岸低平地は津波による被害はもちろん、液状化現象をはじめとした地震動による地盤沈下や地盤構造弱化などの脆弱化についても懸念されている。過去の南海トラフ巨大地震では強震動の影響により、四万十川（高知県中村）河岸堤防の天端高に 3.5 m の沈下が生じる激甚被害が生じた [1)]。50 年以内に 90 %以上の確率で発生が危惧されている南海トラフ巨大地震 [2)]は、南海トラフ沿岸域では強震動と巨大津波の発生が想定されているため [3)]、これらによる被害想定を行う際には地震動による海岸・河岸構造物の脆弱化評価は重要な検討事項である。このような状況において、海岸構造物に対しては液状化解析ツール [4)]を利用した解析結果を踏まえて、重要施設においては耐震化の整備が進められている。一方、一部の港湾・漁港施設や中小河川などの護岸施設においては未だ耐震化の整備途上にあり、巨大地震に対する現実的な地震・津波ハザード評価とそれに対応した具体的対策を講じるためには、地震動による海岸・河岸構造物の基礎部の脆弱性に関する評価とそれに基づいた氾濫解析が求められるが、これらを踏まえた検討例は少ないのが現状である。

このような状況を鑑み、本業務では矢作川河口域において高度な土地利用展開されてきた愛知県碧南市をモデル地区として、南海トラフ巨大地震による地震動に対する堤体基礎の沈下量を水～土骨格連成有限変形解析によって評価し、この解析結果を津波氾濫解析に組み込むことで、堤体基礎の脆弱性が浸水域に与える影響について検討を行うことを目的とする。

b) 解析対象領域

本研究の対象領域である愛知県碧南市は、三河湾北部沿岸に位置し、周囲を水域で囲まれている碧海台地と矢作川沖積地からなる平坦地であり、愛知県の巨大産業を支えるサプライチェーンを擁する地域のひとつである。図３－２－①－１に愛知県碧南

市の位置と津波数値解析領域、図３－２－①－２に碧南市における地震応答解析の対象測線位置を示す。本検討では図３－２－①－２中の測線T-1とT-2における河川堤防を含む領域を解析対象とした。ボーリング結果をもとに作成した地層断面図を図３－２－①－３に示す。T-1において、沖積層は砂質土（As1およびAs2）と粘性土（Ac1およびAc2）の互層となっており、その下部に洪積層（Dc）が存在する。地表付近の砂質土層の*N*値は10以下と小さく、大地震発生の際は液状化の危険性が高いことが伺える。また、砂質土層の下部に堆積する埋土層および粘性土層の*N*値は１～３程度であり、軟弱な状態にあった。粘性土層厚は右岸側で20 mと厚いのに対し、左岸側ではその層厚は薄くなるのも特徴である。

T-2では沖積砂層（As）と洪積砂層（Ds）の下部に洪積粘土層（Dc）、基部に硬質な洪積層（D）が存在する。このように、右岸・左岸、河川沿いに２km程度離れた位置で地層分布は大きく変化していることがわかる。

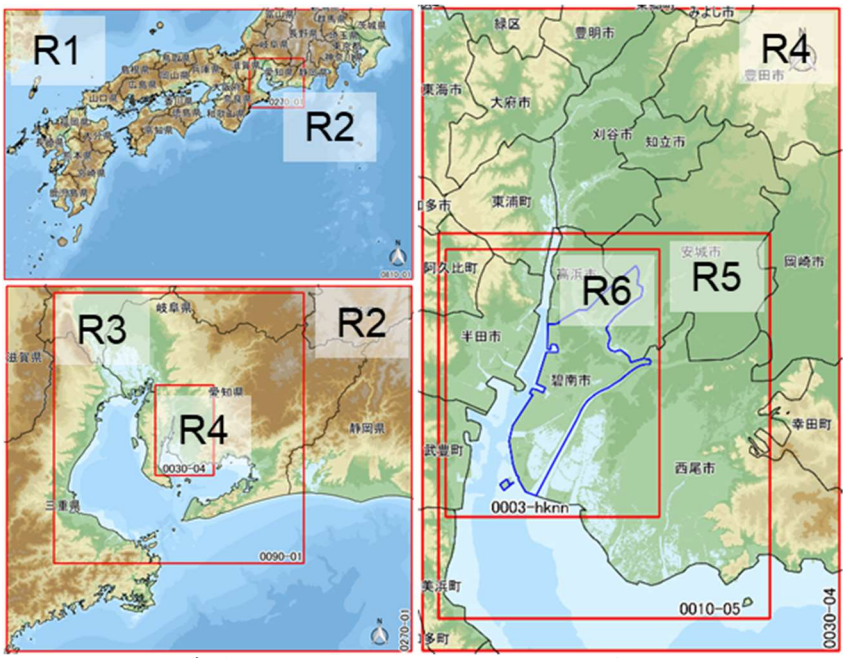


図３－２－①－１　愛知県碧南市の位置と津波数値解析の対象領域。空間格子間隔はR1：810 m、R2 ： 270 m、R3 ： 90 m、R4 ： 30 m、R5 ： 10 m、R6 ： 10/3 m である。

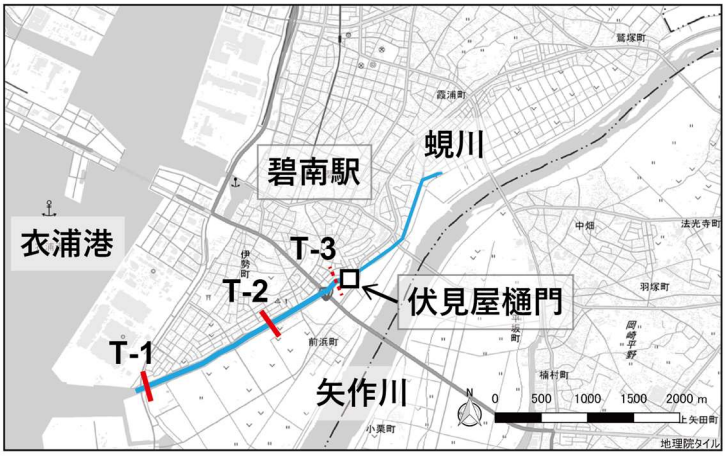
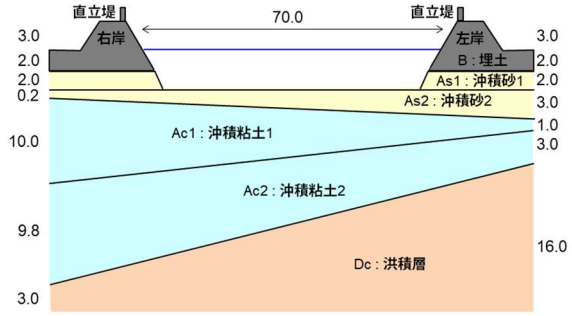
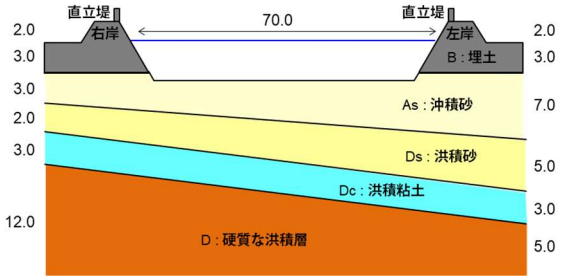


図３－２－①－２　碧南市における地震応答解析の対象測線位置



(a) 測線 T-1 の断面



(b) 測線 T-2 の断面

図３－２－①－３　各測線における地層断面（図中の単位は m）

c）堤体基礎部の地震動応答解析

内閣府[3]による南海トラフ巨大地震の被害想定では、液状化による碧南市全域の地盤沈下量は0.1～0.3 mとされている。一方で、耐震化の整備途上にある堤体基礎の定量的な影響については不明である。

本研究では、碧南市中心部に流れる蜆川の堤体基礎を解析対象とし、地震動に対する応答解析を行った。堤体基礎部の地震応答解析に使用した解析モデルは、水～土骨格連成有限変形解析コードGEOASIA[5]であり、 静的・動的変位を区別なく取り扱うことができる。また、同解析モデルには、土の骨格構造とその働きの差異を記述する弾塑性構成式SYSカムクレイモデル[6]が搭載されており、砂から粘土、両者が混在した中間土までを同じ理論的枠組みの中で記述することが可能である。解析に用いる弾塑性性状は現地で実施されたボーリング調査結果と室内物理試験結果に基づき推定した。なお、本解析は河川堤防に対する耐震補強がされていない場合を示す。解析に用いた弾塑性性状の一覧を表３－２－①－１に示す。

解析に用いた有限要素メッシュの弾塑性性状パラメータは、ボーリング調査結果に基づいて各地層区分に対応するように配置した。地表面は水平な地盤を初期状態とし、有限要素メッシュを追加・削除することで河川堤防構築および河道掘削を行った。水理境界については両側面および下端は非排水境界とし、地表面は大気圧境界、河床面は水深に応じた水圧境界とした。

解析に用いた地震動の入力波形を図３－２－①－４に示す。当該地点付近で想定される地震動[3]のEW成分を地盤底面の全有限要素節点の水平方向に入力した。現地ではPS検層は行われていないが、道路橋示方書[7]の推定式を用いて解析領域下端におけるせん断波速度Vs=340 m/sと推定した。図３－２－①－４(a)の加速度振幅は、このVs

を用いて翠川[8]およびSugito et al. [9]の方法に従い、工学的基盤における加速度振幅となるように1.53倍に補正した。地盤下端節点は底面粘性境界を設け、地盤両側端要素に側方境界要素単純せん断変形境界を設けた。なお、B層は飽和土として扱っており、降雨が長期間続いている時のように地下水位面が地表付近にあるもっとも危険な状態を想定している。図３－２－①－４(b)の加速度の周波数特性については補正を行っていない。

図３－２－①－５に強震動解析による蜆川河岸堤体の剪断ひずみ分布と堤体高さの変形を示す。図３－２－①－５(a)のT-1では地震発生直後（30秒後）からB層において有効応力の低下により円弧状の剪断歪みが発生し、その箇所を中心として地盤剛性が失われる。入力地震動の継続時間は120 sと長いためか、Ac1層において有効応力の低下により剪断歪みの増加が確認できる。地震発生から180 sでは、剪断歪みはB層および表層のAc1層へと拡がっていることがわかる。盛土直下の沖積粘性土Ac1層も地震動で乱され、大きな剪断歪みが発生する。従来では、地震による地盤被害のほとんどは砂質土の液状化が中心で粘性土層の被害はほとんど発生しないといわれているが、T-1のようにAc1層のような軟弱な粘性土層を有する場合、盛土直下のように局所的な上載荷重を受けている場所ではせん断変形が卓越して地盤が乱され、有効応力が著しく低下する結果、さらなる地盤沈下をもたらす。

図３－２－①－５(b)のT-2においては軟弱な粘性土（Ac）層がないため剪断歪みはB層が中心となっていることがわかる。

両岸の堤体高沈下量について、T-1においてはB層とAc1層で大きな沈下を生じている。左岸と右岸で比較すると、Ac1層が厚い右岸ではその沈下量も大きい。T-2においてはB層で大きな沈下を生じている。地震時に左岸で初期堤体高(3.0 m)の約40 %(1.2 m)、右岸で約45 %（1.5 m）の沈下が生じ、T-2では両岸の初期堤体高（2.0 m）の約30 %の沈下が生じることがわかった。明治以降に日本で発生した地震動による河川堤防の沈下量と堤体初期高さの関係[10]によると、地震による河川堤防の沈下量は最大で初期堤防高さの75 %にまで達する。地震動の種類や規模、地盤の状態がそれぞれ異なるが定性的には本解析結果と整合する。

表３－２－①－１　解析に用いた弾塑性性状の一覧

	設定パラメータ	測線T-1における地層						測線T-2における地層				
		B	As1	As2	Ac1	Ac2	Dc	B	As	Ds	Dc	D
弾塑性	NCLの切片	1.66	1.65	1.66	2.15	2.83	1.99	1.66	1.66	1.67	1.86	1.66
	限界状態定数	1.58	1.58	1.58	1.52	1.45	1.54	1.58	1.58	1.58	1.55	1.58
	圧縮指数	0.047	0.046	0.048	0.15	0.3	0.12	0.047	0.047	0.05	0.091	0.047
	膨潤指数	0.0047	0.0046	0.0048	0.015	0.03	0.012	0.0047	0.0047	0.005	0.0091	0.0047
	ポアソン比	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
発展則	偏差塑性ストレッチングとそのノルムの割合	1.0	1.0	1.0	0.2	0.2	0.2	1.0	1.0	1.0	0.2	0.2
	構造劣化指数	1.34	1.35	1.33	0.57	0.17	0.74	1.34	1.34	1.3	0.94	1.34
	正規圧密土化指数	1.28	1.26	1.3	7.44	87.3	4.31	1.28	1.28	1.34	2.65	1.28
	回転硬化指数	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	回転硬化限界面	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
初期値	構造の程度	2.7	2.53	1.55	4.06	4.04	3.47	2.63	2.45	1.81	3.66	2.03
	過圧密比	23.7	26.9	70.6	2.83	2.87	4.07	27.78	28.5	51.8	3.59	41.33
	応力比	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545
	異方性の程度	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

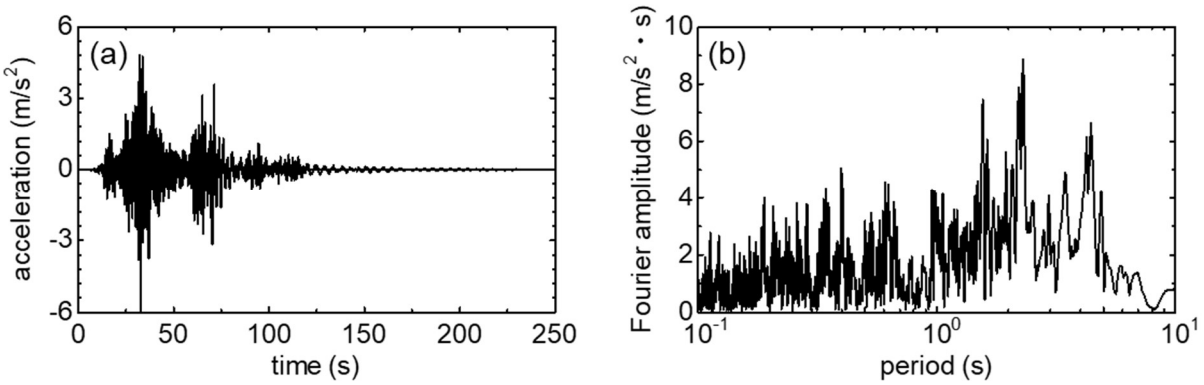
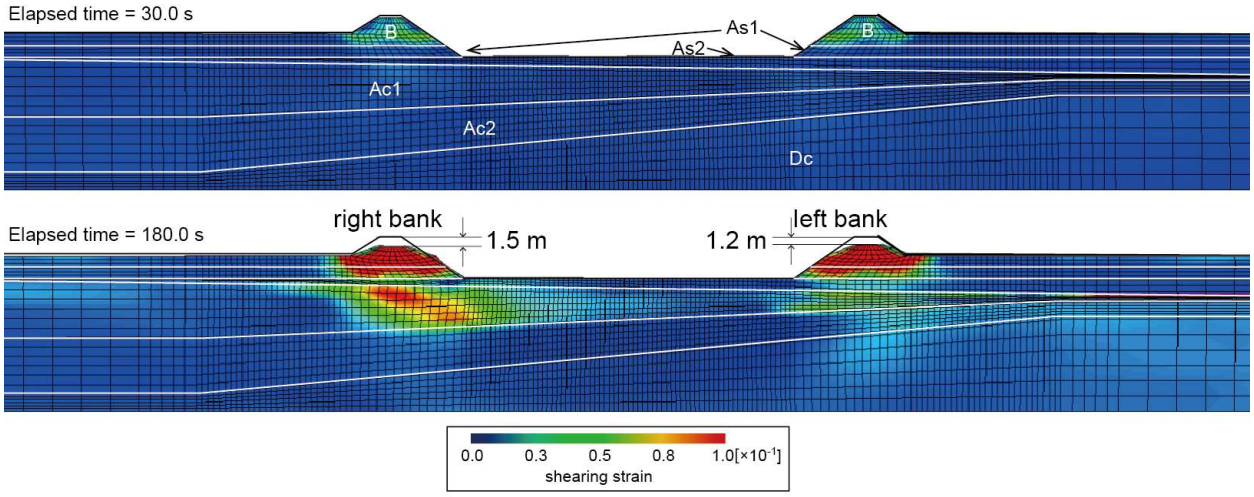
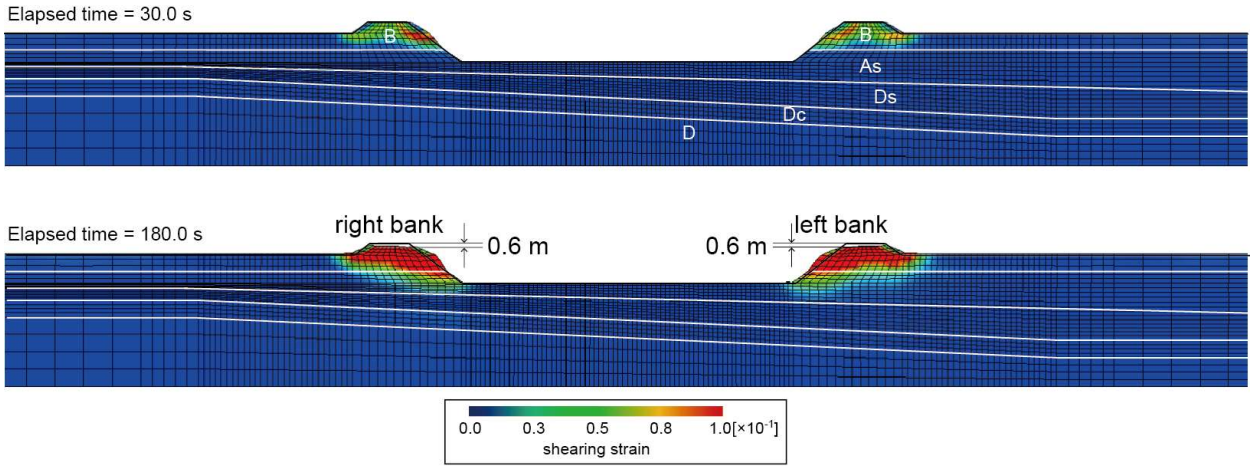


図３－２－①－４　　解析に用いた地震動。(a)は EW 成分の加速度時刻歴、(b)は加速度の周波数特性を示す。



(a) T-1



(b) T-2

図３－２－①－５　　強震動解析による蜆川河岸堤体の剪断歪み分布と堤体高さの変形。図中の黒実線は初期の堤体高を示す。

d) 津波氾濫解析

津波氾濫解析には内閣府[11]により整備されている地形データ（R1：空間格子間隔 Δx=810 mからR5：Δx=10 m）を利用した。R6（Δx=10/3 m）は国土地理院による５mメッシュのDEMを基本データとし、海岸・河川構造物の線形やその標高値に修正を加えた。参照したデータは国土地理院基盤地図情報 （道路縁、水涯線、建築物外周線）および航空写真（Googleマップ）であり、堤防天端高は蜆川水系河川整備計画と高浜川水系河川整備計画 （新川)、さらに現地調査を行って修正を行った。

地震動による堤体基礎の沈下量については、R6領域の蜆川沿岸堤体基礎標高に反映させた。ただし、解析を実施した検査断面はT-1およびT-2のみのため、蜆川沿いの堤体延長区間において地質構造図の構成がT-2とほぼ同様な伏見屋樋門付近のT-3まではT-2における沈下量を与え、T-2とT-1区間はより複雑な地層構造であったため、距離に応じた線形補間を行って沈下量を与えた。なお、伏見屋樋門より北側では河岸構造物は存在しないため、地震動による沈下量は考慮していない。

津波氾濫解析は非線形長波方程式に基づいた従来の数値モデル[12]を用い、図３－２－①－１に示す６領域において空間接続を行い、領域R6においては建物を地形と合成等価粗度で表現する合成地形モデル[13]により建物の影響を考慮した（図３－２－①－６)。津波の波源は内閣府[14]の津波断層ケース 9とし、このモデルによる地殻変動による沈降量を考慮し、潮位は朔望平均満潮位（T.P. +1.0 m）とした。

構造物被害シナリオとして、波源断層による地殻変動は各ケース共通に考慮し、堤体基礎や直立堤の健全性が保たれ伏見屋樋門が閉まる場合をCase 0、堤体基礎の沈下量を考慮した場合をCase 1、Case 1で伏見屋樋門が閉まらない場合をCase 2とした。Case 3および 4はCase 1とCase 2の条件のうち、直立堤が対象延長区間において完全に崩壊する場合とし、直立堤を取り除いた。

図３－２－①－７に各被害ケースに応じた地震発生から６時間後までの最大津波浸水深分布を示す。当該沿岸に到達する津波高は２m程度であるため、Case 1においては、衣浦港では若干の浸水が認められるが、蜆川流域においては津波は直立堤を越流することがないため、市街地に津波は溢れないことがわかる。

Case 1においては伏見屋樋門より下流においては、蜆川における河岸堤体基礎天端の沈下により、右岸側で津波の浸水が生じる。これは、右岸側基礎堤体の方が沈下量が大きいためである。Case 2は伏見屋樋門が開門している条件である。この樋門より上流では堤体基礎や直立堤が整備されていないため、この地点より上流から氾濫した津波は左岸南部の低平地に流れ込むことになる。

Case 3では直立堤崩壊により、さらなる浸水域の拡大が生じていることがわかる。蜆川右岸の市街地においては津波浸水深が１mを越える地域もあるため、津波による家屋被害が懸念される[15]。Case 3と4の比較から、直立堤が崩壊する場合、伏見屋樋門開閉の影響は僅かであることがわかる。これは、護岸機能の消失により蜆川沿岸から津波が越流することにより、伏見屋樋門周辺の津波流入量が減少したためと考えられる。

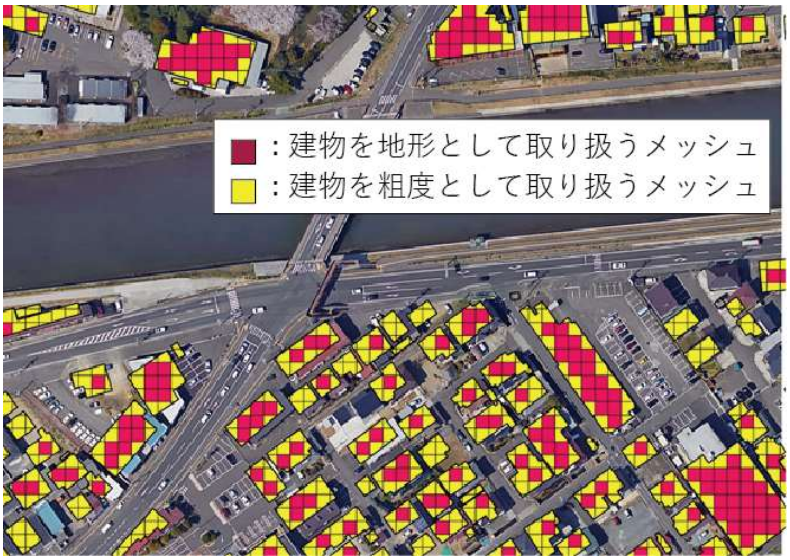


図３－２－①－６　碧南市中心市街地における合成地形モデルの適用例

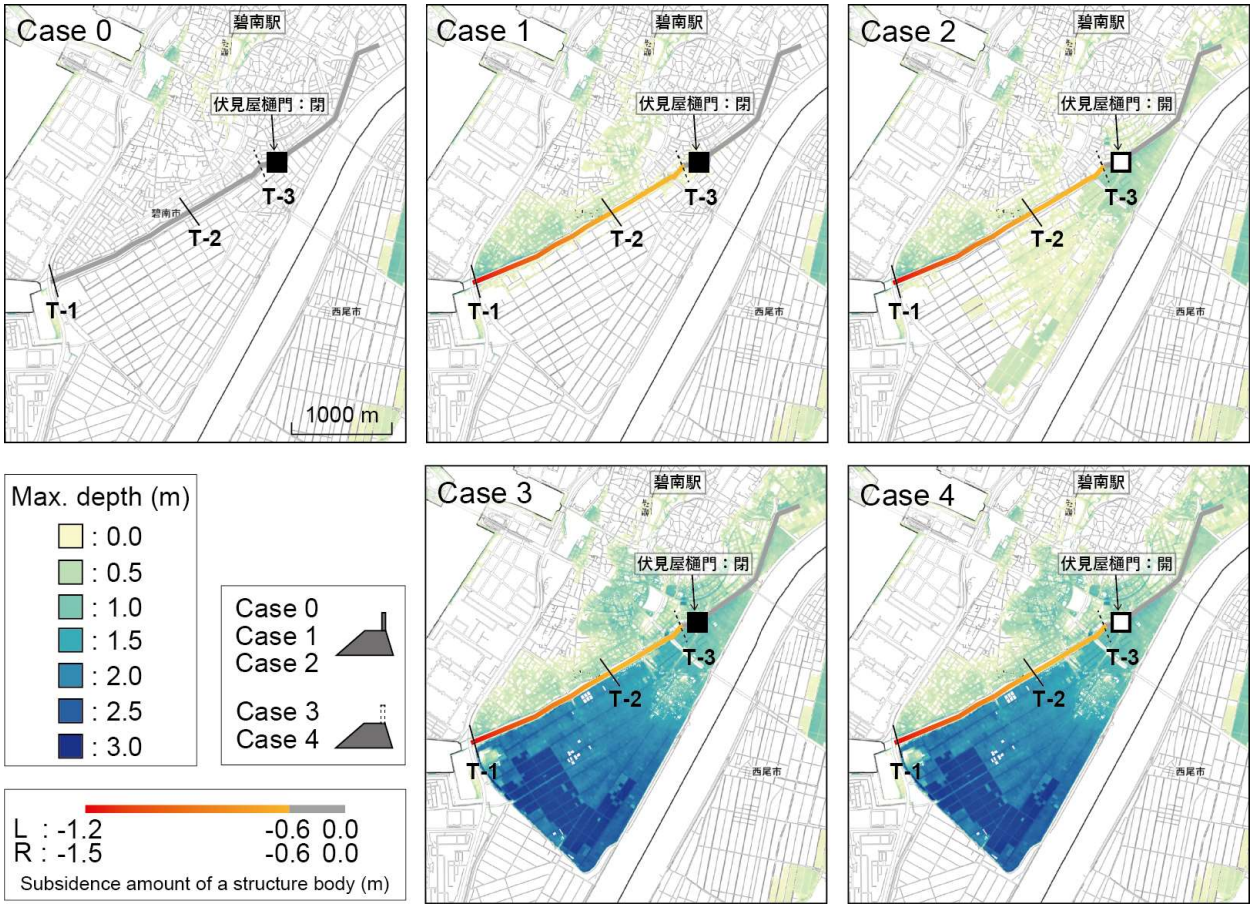


図３－２－①－７　各被害ケースに応じた地震発生から６時間後までの最大津波浸水深分布。

2）潮汐の影響を考慮した徳島市街地への津波の流入・排水解析

a）背景

長期湛水とは津波によって流入した海水が長期に渡り陸地に留まる現象で、海岸付近の低地かつ広域な地殻変動による沈降と液状化の危険性が想定される地域であればどこでも発生する可能性がある。東北地方太平洋沖地震の際も、石巻市をはじめとする沿岸部で長期湛水が発生した[16)]。湛水した地域では災害発生後に迅速に実施することを求められる救助、捜索活動や物資輸送が難しくなるとともに、復旧作業の大きな障害となる。したがって、この現象を正確に予測することは大変重要で、具体的には孤立する可能性のある避難所の判別や、必要な備蓄量の推計などに利用できる。また、堤防や排水ポンプの整備、もしくは被災後の排水ポンプ車の配置場所やそのルートなどの検討にも用いることができる。

本業務では、これまで長期湛水現象の予測のための解析手法の高度化に取り組んできた。前年度までに検討した手法は次のとおりである（図３－２－①－８）。まず、通常の津波の計算により対象地域の堤外周辺での水位時系列を記録する。これを境界条件として堤内に海水を侵入させ、堤内地の流れ場の計算を行う。堤内地では、地表面、排水路、下水路の三つの流れを考える。地表面では津波と同様の計算方法を採用するが、排水路やマンホールを設定したメッシュで地表面、排水路、下水路のそれぞれの間で水のやり取りを行う。最終的には排水路に存在する排水機で領域外へ排水する。この解析を愛知県碧南市と徳島県徳島市の一部地域を対象として行い、津波の流入から排水の一連の現象の予測を試行した。

これまでの我々の検討では津波以外の潮位変動を無視していた。しかし、海水面は海洋潮汐によって絶え間なく変動している。津波ハザードマップは最悪を想定するため潮位を満潮位で固定して作成するのが一般的であるが、長期湛水は現象が長期にわたる。長期湛水の予測において海洋潮汐を無視することは妥当ではない。また、強制的に堤外に水を排水する排水機を津波による浸水の深さに関わらず常に稼働させるモデルで計算を行っていた。そこで今年度は、津波と海洋潮汐を考慮した境界条件を用いること、排水機の停止水位を設定することの２点の改良を行った。

b）解析手法

津波の流入および排水過程の計算は、堤外と堤内を分けて行っている。堤外地、つまり津波の計算は下の浅水波理論の式（３－２－①－１）、（３－２－①－２）を利用した。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t}+\frac{\partial q_x}{\partial x}+\frac{\partial q_y}{\partial y}=0 \qquad （３－２－①－１）$$

$$
\begin{cases}
\dfrac{\partial q_x}{\partial t}+\dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{q_x^2}{D}\right)+\dfrac{\partial}{\partial y}\left(\dfrac{q_x q_y}{D}\right) \\
\qquad\qquad = -gD\dfrac{\partial \eta}{\partial x}-\dfrac{gn^2}{D^{\frac{7}{3}}}q_x\sqrt{q_x^2+q_y^2} \\
\dfrac{\partial q_y}{\partial t}+\dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{q_x q_y}{D}\right)+\dfrac{\partial}{\partial y}\left(\dfrac{q_y^2}{D}\right) \\
\qquad\qquad = -gD\dfrac{\partial \eta}{\partial y}-\dfrac{gn^2}{D^{\frac{7}{3}}}q_y\sqrt{q_x^2+q_y^2}
\end{cases}
\qquad （３－２－①－２）
$$

ここで、ηは静水面からの水位変化、tは時間、q_x、q_yはそれぞれx、y方向の流量、Dは全水深、gは重力加速度、nはマニングの粗度係数である。堤外周辺の津波波形を記録し、海洋潮汐変動を加えて、堤内地計算の境界条件とした。

堤内の計算には、AFREL（Application of Flood Risk EvaLuation）を使用した。このモデルは雨水等の排水の計算に利用されているものである。三好・他[17]は、本モデルを用いて徳島市上八万地区で台風による豪雨と、それに伴う河川氾濫が生じた際の再現計算を行っており、観測された 10 点の浸水位とシミュレーション結果の差はこれらの点についてはすべて 0.10 m 以内に収まっていることを確認した。

本業務では河川氾濫のシミュレーションと同様に、堤外地の津波波形を境界条件として入力することによって津波による氾濫を表現する。津波が堤防の高さを超えた時、越流公式の式（３－２－①－３）によって堤内地に流入させた（図３－２－①－９）。

$$
\begin{cases}
h_2 < \dfrac{2}{3}h_1 \text{のとき、} q = \pm 0.35 h_1\sqrt{gh_1} \\
h_2 \geq \dfrac{2}{3}h_1 \text{のとき、} q = \pm 0.91 h_2\sqrt{g(h_1-h_2)}
\end{cases}
\qquad （３－２－①－３）
$$

流入後の堤内地での地表面、排水路、下水路の流れは連成して解かれる。地表面の流れは、前述の浅水理論で行うが、連続式が式（３－２－①－４）になる。

$$
\frac{\partial \eta}{\partial t}+\frac{\partial q_x}{\partial x}+\frac{\partial q_y}{\partial y}=q_{CHAN}+q_{SEWER} \qquad （３－２－①－４）
$$

q_{CHAN}は排水路との流量のやり取り、q_{SEWER}は下水路との流量のやり取りを示す。排水路は座標軸方向にのみ走っているものとみなし、メッシュの中心を通るものとする。排水路を設定したメッシュでは、越流公式によって地表面レイヤーと流量のやり取りをする(図３－２－①－10)。排水路内の流れの計算も式（３－２－①－２）を利用するが、数値安定性向上のため移流項を無視している。また、排水路流れのΔx、Δyは地表面の流れ計算の格子間隔とは一致せず排水路の幅である。下水路も排水路と同様に座標軸方向にのみ走っているものとみなし、メッシュ中心を通るものとする。地表面と下水路の水のやり取りは、マンホールを設定したメッシュで行う。下水路への流入には、次の越流公式である式（３－２－①－５）を利用する。

$$
q=\frac{2}{3}h\sqrt{\frac{2}{3}gh} \qquad （３－２－①－５）
$$

ここで、h はマンホールのあるメッシュの水深である。下水管路内の計算は数値安定

性のためスロットモデルを採用した。排水ポンプは設置したメッシュから指定先メッシュへ排水能力分だけ流量を移すことで数値モデル化している。ここで、排水機は浸水高さが停止水位を超えるとその機能を停止する。

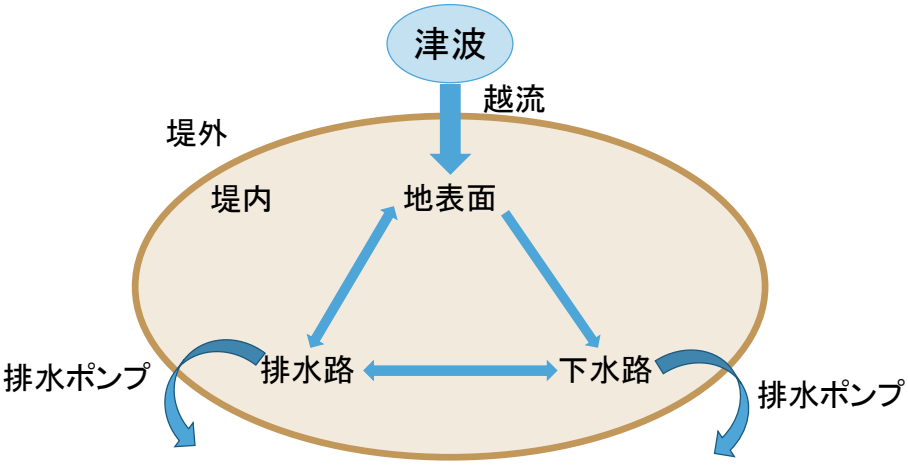


図３－２－①－８　計算の全体像

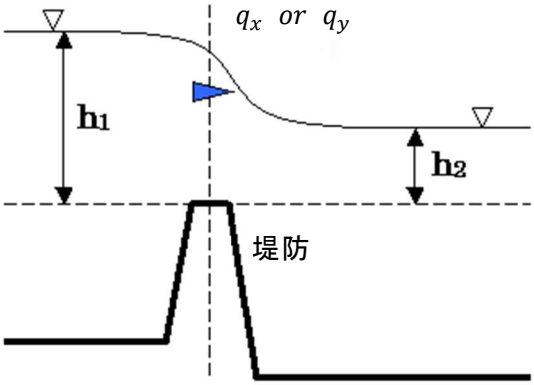


図３－２－①－９　津波の堤内地流入時の流れ

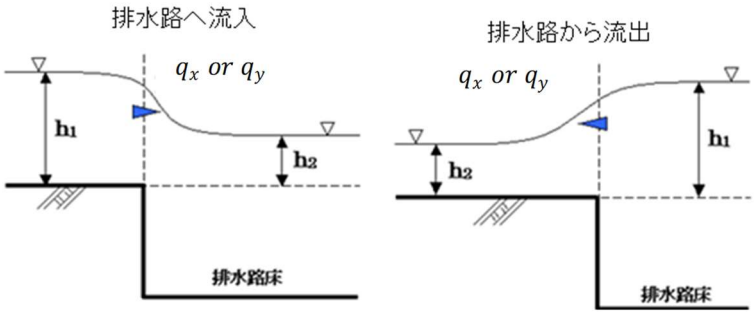


図３－２－①－10　排水路と地表面の水のやり取り

c）解析対象領域とその条件

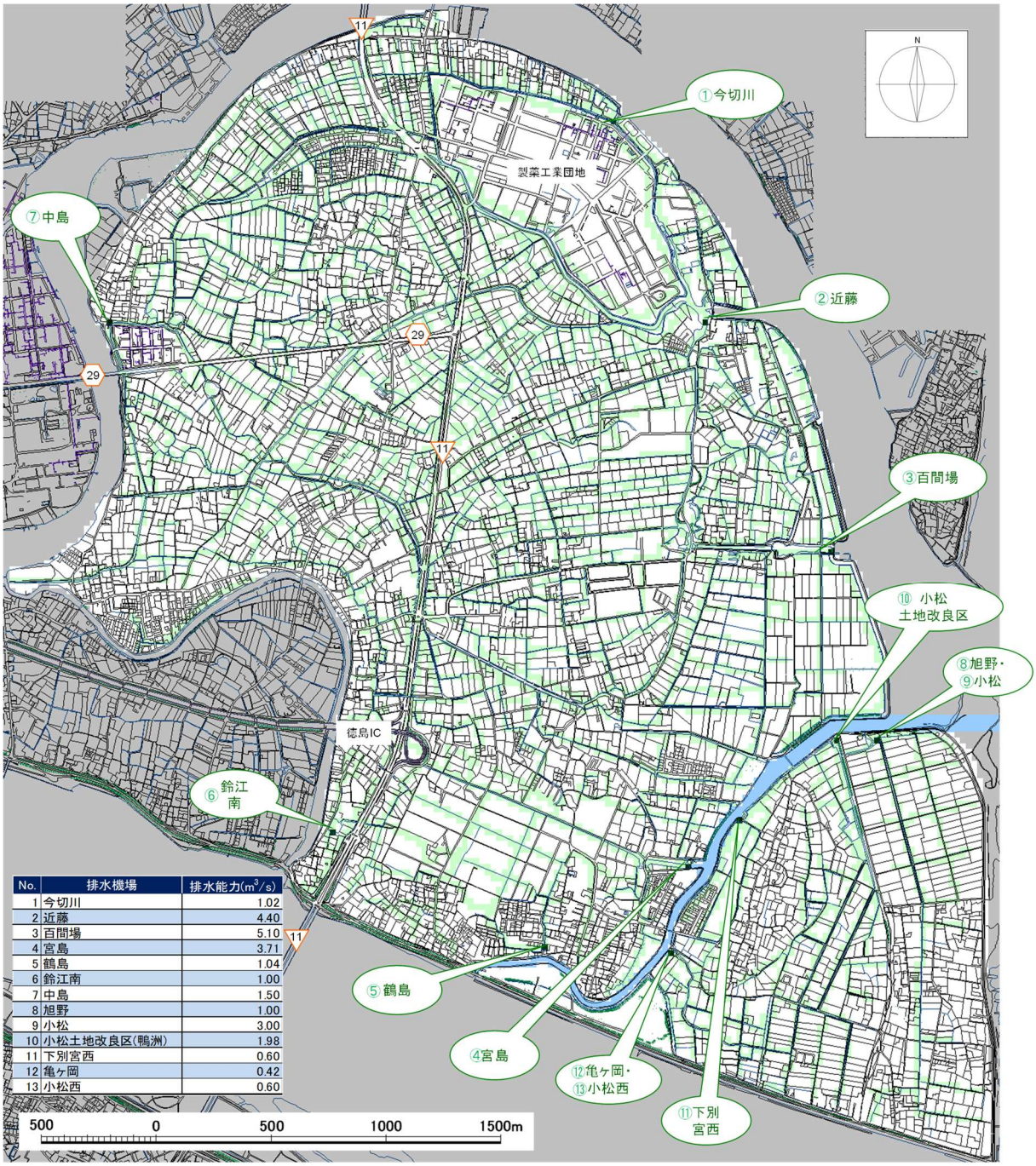
本解析対象地域は図３－２－①－11 に示された堤内地である。徳島市の東部海岸沿いの吉野川左岸に位置し、周辺を海に続く河川によって囲まれている。この地域には 13 機の排水機が存在する。なお、本解析領域では 1854 年安政南海地震後の長期湛水に関する記述が実際に古文書（中財家文書『安政南海大地震有姿記』）で発見されている[18]。それらは次のようである。

・水路が残らず埋まり排水が機能しなくなる。
・往来・渡し場・三瀬は地震で土地が下がり毎月大潮になり時には建物の中まで浸水した。
・時々満ち潮の時は海水が流れ込んできた。
・新田地帯は１、２尺～３尺（約 30～90 cm）程下がり潮が入り込み海のようになった地帯もあった。
・堤が１尺（約 30 cm）下がり、用水が一緒になったようになり堤が池に落ちこんで堤の松が水没した。
・その年の夏に沖の潮が高くなり窪地の悪水(排水)の流れが悪くなった。

波源モデルは内閣府想定ケース 3 を利用した。この波源モデルにより本解析対象地域では 0.71 m から 0.77 m の沈降が地殻変動によって発生する。このため、地盤標高、堤防の天端高、排水機場停止水位などすべての高さを地殻変動分だけ下げた。なお、排水機場の停止水位は吉野川浸水想定区域図作成時に用いた値[19]に準拠した。排水機場の停止水位と地殻変動後の停止水位を表３－２－①－２に示す。

解析対象領域近傍の小松島港の朔望平均潮位は、朔望満潮位は T.P. +0.922 m、朔望干潮位は T.P. -0.797 m である。これに基づき図３－２－①－12 の 12 時間周期の潮汐変動を仮定した。

内閣府想定ケース 3 の地震による津波を計算し、その時系列波形を図３－２－①－13 の青点の位置で出力した。先に計算した潮汐変動（図３－２－①－12）を足し合わせて、青点における時系列水位変動とした。青点位置は離散的であるので、近傍２地点を距離で按分することにより、流入地点堤外側の水位を算定した。この水位を基に、越流公式(式３－２－①－３)により堤内に氾濫水を流入させた。地表の流れ計算の格子間隔は 25m であり、東西 174 メッシュ、南北 202 メッシュの合計 35148 メッシュである。解析時間は 72 時間とした。



No.	排水機場	排水能力(m^3/s)
1	今切川	1.02
2	近藤	4.40
3	百間場	5.10
4	宮島	3.71
5	鶴島	1.04
6	鈴江南	1.00
7	中島	1.50
8	旭野	1.00
9	小松	3.00
10	小松土地改良区(鴨洲)	1.98
11	下別宮西	0.60
12	亀ヶ岡	0.42
13	小松西	0.60

図３－２－①－11　解析対象地域と排水機場の排水能力。薄緑が開水路、水色は堤外との境界条件を与えるために、河川ではあるが流れを計算する場所。

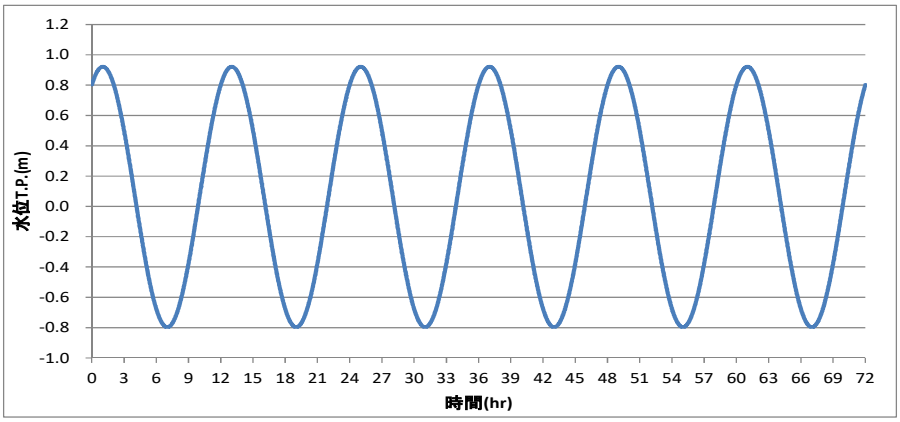


図３－２－①－12 仮定した海洋潮汐変動

表３－２－①－２　排水機場の停止水位

	停止水位 T.P.(m)	地殻変動後 停止水位 T.P.(m)
今切川	3.01	2.18
近藤	2.59	1.75
百間場	2.47	1.63
宮島	2.70	1.87
鶴島	2.70	1.87
鈴江南	2.70	1.87
中島	2.73	1.90
旭野	2.50	1.67
小松	2.50	1.67
小松土地改良区(鴨洲)	2.50	1.67
下別宮西	2.50	1.67
亀ヶ岡	2.50	1.67
小松西	2.50	1.67

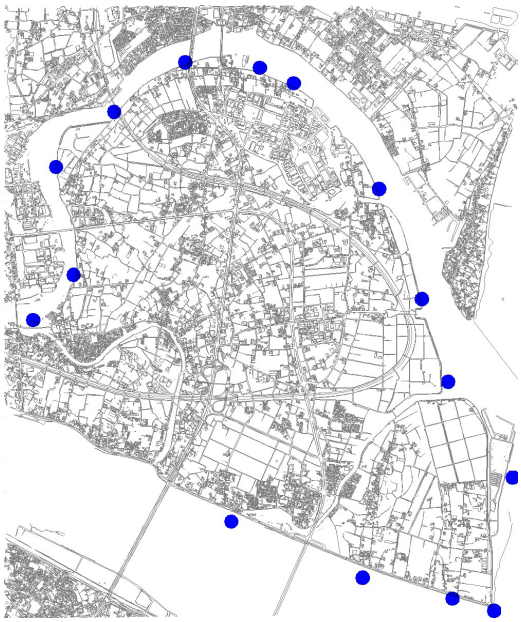


図３－２－①－13　津波計算により出力した水位の時系列ポイント

d）解析結果

内閣府想定ケース 3 の断層モデルから計算された研究対象地域での津波と海洋潮汐を重ねあせた時系列波形と堤防の天端高を比較する（図３－２－①－14)。本解析の場合、水位が地殻変動後の天端高を超えたのは対象領域の北側と東側で、西側と南側からは津波は侵入しなかった。津波の浸水により排水機場の停止水位に達したのは排水機場 13 か所のうち６か所であった。図３－２－①－15 は市街地への浸水状況の時間変化を表している。本研究で検討した①潮汐変動あり、かつ、浸水が排水機の停止水位に達したら排水機の稼働を止める条件での解析に加えて、②潮汐変動あり、かつ、停止水位に達しても排水機を停止しない条件の解析、潮汐を変動させず朔望平均満潮位で固定し、浸水が停止水位に達したら排水機の稼働を止める条件の解析も示した。それらの比較から、地震発生後数時間の浸水状況にほぼ違いはないが、時間が経過するにつれて違いが大きくなっている。したがって、長期湛水の予測においては海洋潮汐や排水機場の効果を無視できないことが明らかとなった。

本業務では津波に海洋潮汐変動を重ねた境界条件で海水を流入させて、浸水により水位が上昇し停止水位に達したら排水機場が停止するという現実的なモデルで長期湛水を予測した。最後に本計算モデルを用いて長期湛水対策におけるひとつの検討を行った。解析対象地域内の中小河川には樋門が備えられている。本計算モデルを用いて、津波襲来時およびその後に樋門を開けたほうがよいのか、それとも閉じておいていたほうがよいのかについて検討した（図３－２－①－16)。樋門閉条件と開条件の結果を比べると、図３－２－①－15 ほど大きな違いは確認できないが、解析時間終了の 72 時間後に違いが確認できる（図３－２－①－16 赤点線の丸)。樋門開条件のほうがやや浸水が大きい。これは地殻変動により地盤標高が下がったため、津波が襲来しない条件でも潮位によっては陸上へ浸水してしまうためであると解釈される。

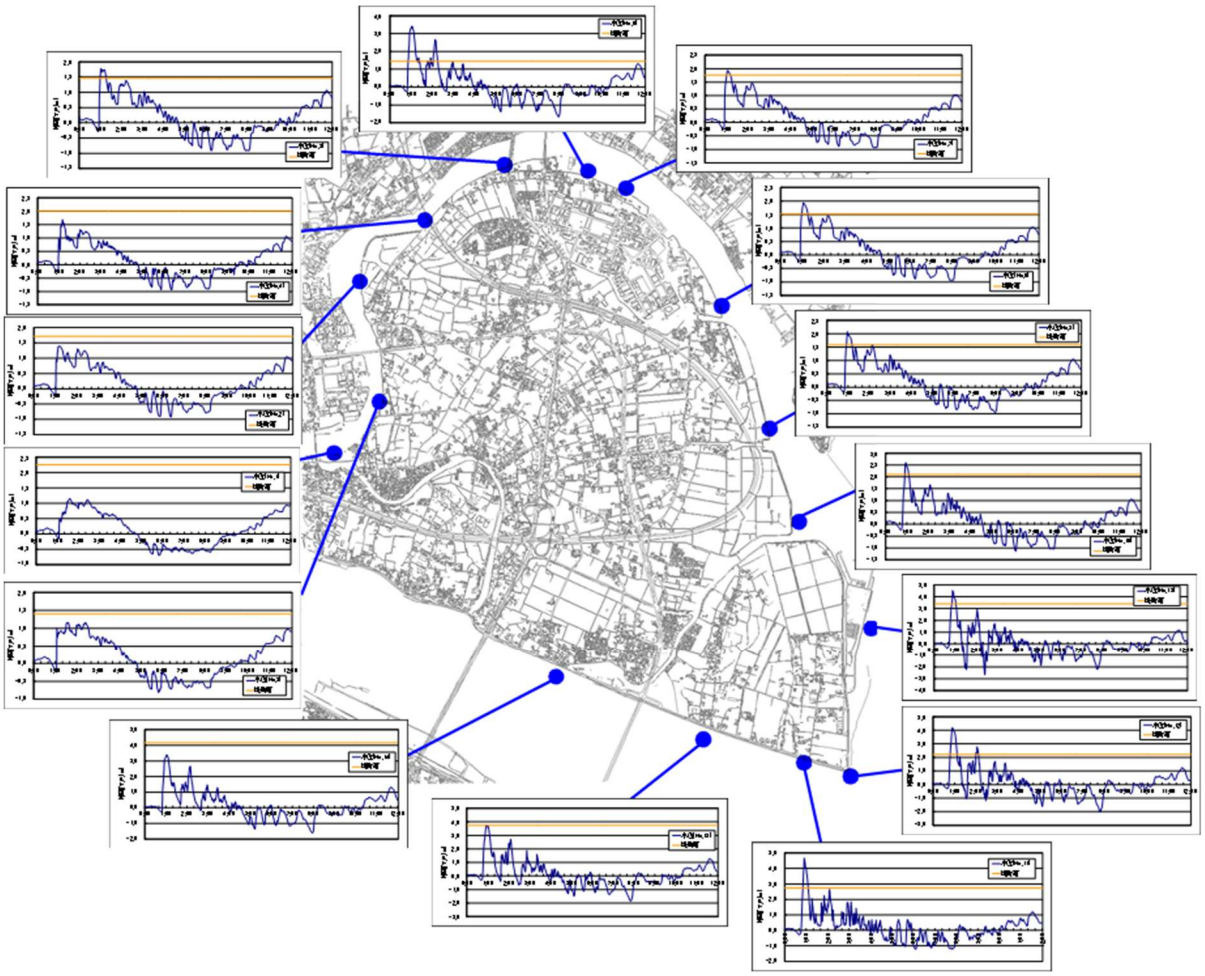


図３－２－①－14　水位と堤防高の関係の比較

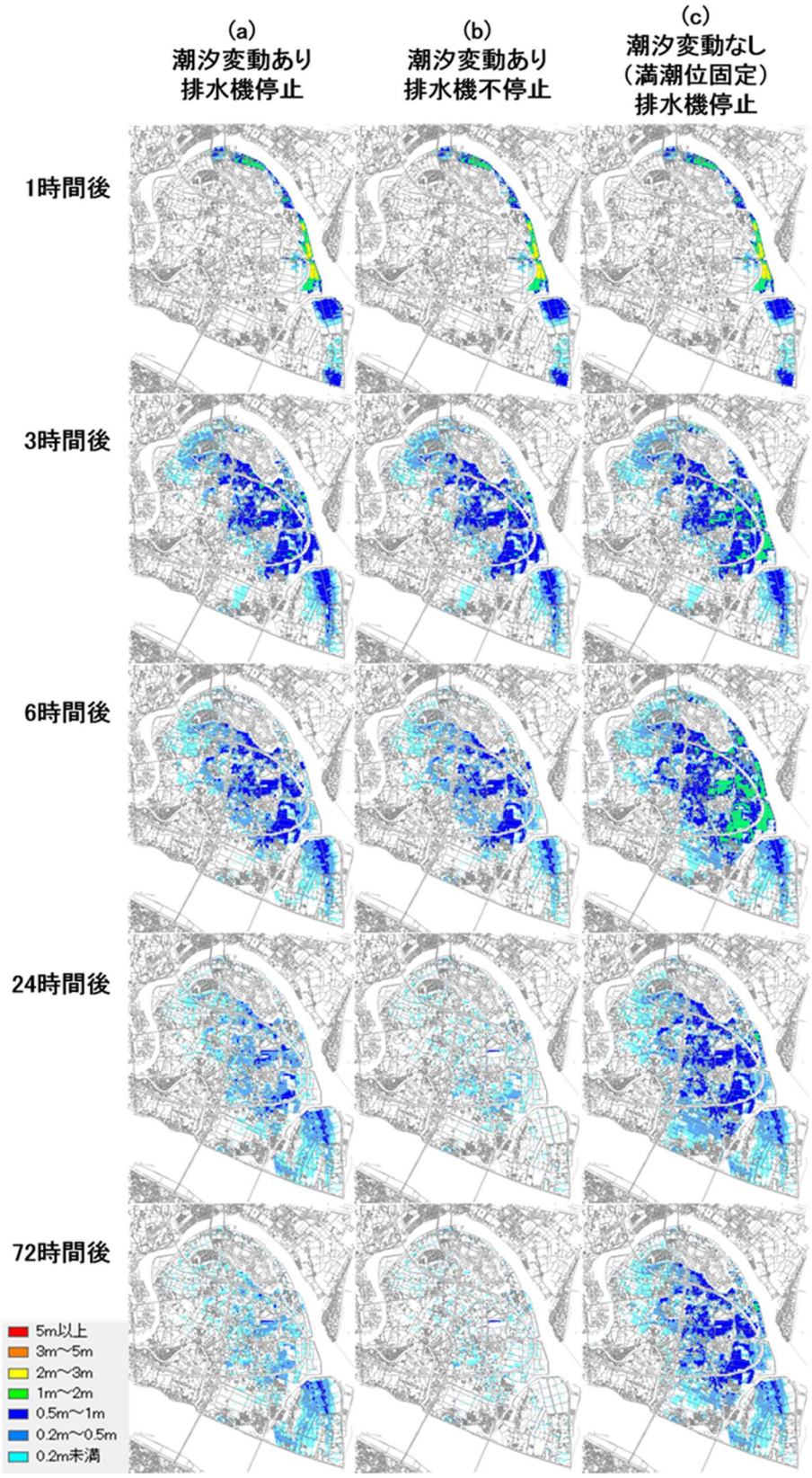


図３－２－①－15　市街地への津波の流入・排水解析結果。(a) 潮汐変動あり、停止水位で排水機停止、(b)潮汐変動あり、停止水位でも排水機不停止、(c)潮汐変動なし（満潮位固定）、停止水位で排水機停止。

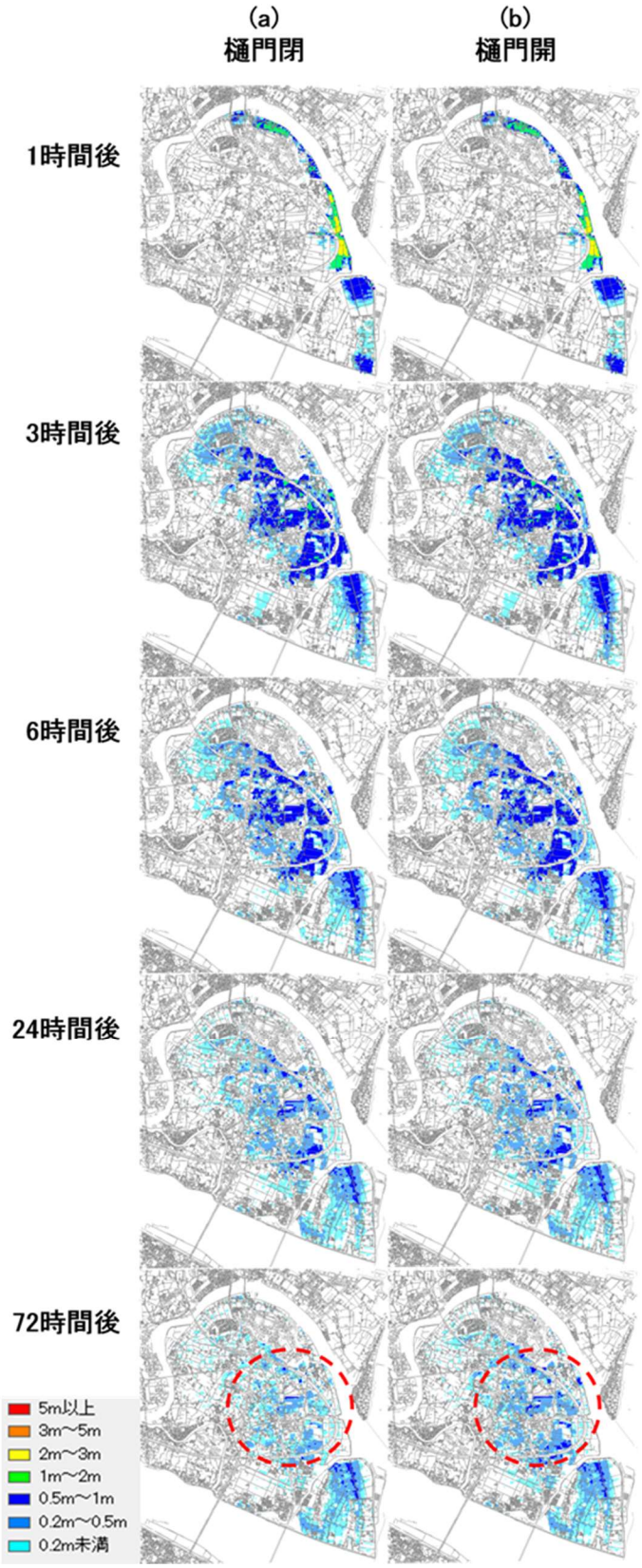


図３－２－①－16 市街地への津波の流入・排水解析結果。(a) 樋門閉条件、(b)樋門開条件。赤丸の範囲内では樋門開条件のほうの浸水がやや大きい。

(d) 結論ならびに今後の課題

愛知県碧南市をモデル地区として、想定南海トラフ巨大地震による地震動に対する堤体基礎の沈下量を水～土骨格連成有限変形解析によって評価し、この解析結果を津波氾濫解析に組み込むことで、堤体基礎の脆弱性が浸水域に与える影響について検討を行った。

地震による地盤沈下の被害は砂質土層における液状化が主要因であるが、盛土直下のように局所的な上載荷重を受けている粘性土層はせん断変形が卓越して地盤が乱され有効応力が著しく低下するため、さらなる地盤沈下をもたらすことを示した。

津波氾濫解析において、蜆川流域の堤体基礎が沈下するが河岸構造物は機能する場は右岸堤体基礎の沈下量が大きいために蜆川北部に浸水が集中し、蜆川中流域の樋門の開閉の影響により蜆川南部にも浸水域が拡大する。このように、耐震化未整備区間では強震動の影響によって護岸などの沈下が生じ、これにより津波浸水域は大きく拡大することを定量的に示した。中小河川や一部の港湾施設を擁する地域においては、これら構造物の耐震化の重要性を示していることはもちろんのこと、強震動による海岸・河岸構造物や堤体基礎部の脆弱性が津波ハザード評価に与える影響を無視できないことを示している。

巨大津波襲来後の長期湛水の予測手法の高度化に取り組んだ。今年度の解析においては、津波浸水条件に海洋潮汐変動を加えるとともに、浸水による排水機場の機能停止を考慮した。その結果、２つの効果ともに浸水状況に大きな影響を与えることが判明した。長期湛水予測を行う上で現実的な解析モデルが準備できたと考えられたため、樋門開閉条件が長期湛水に与える効果についても調査した。その結果、当該地域では地殻変動により時間帯によっては潮位より低くなる土地があるため、解析終了時間の72時間後において、樋門開条件を用いた結果の浸水が相対的に大きくなった。

(e) 引用文献

1) 中央気象台：昭和 21 年 12 月 21 日南海道大地震調査概報、pp.22-75、1947.

2) 地震調査研究推進本部：活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧（２０１８年１月１日での算定） https://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/ichiran.pdf 、参照 2018-5-24.

3) 内閣府：南海トラフの巨大地震モデル検討会、, http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/、参照 2018-5-24.

4) 一般社団法人 FLIP コンソーシアム：http://www.flip.or.jp/flip_program.html、参照 2018-5-24.

5) Asaoka、A.、T. Noda、E. Yamada、K. Kaneda and M. Nakano、An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils、Soils and Foundations、Vol.42、No.5、pp.47-57、2002.

6) Noda、T.、A. Asaoka and M. Nakano、Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-clay model、Soils and Foundations、 Vol.48、 No.6、 pp.771-790、 2008.

7) 公益社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編、2017.
8) 翠川三郎：関東平野を対象とした震度分布予測、 構造工学論文集、Vol.33B、pp.43-48、1987.
9) Sugito、M.、Y.Furumoto and T.Sugiyama、Strong Motion Prediction on Rock Surface by Superposed Evolutionary Spectra、Proc. of the 12th WCEE、CD-ROM、Oakland、New Zealand、 2000.
10) 国土交通省：河川構造物の耐震性能照査指針・解説、http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bosai/wf_environment/structure/index3.html、参照 2018-5-24.
11) 内閣府：南海トラフの巨大地震モデル検討会/地形データ、, https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/1205、参照 2018-5-24.
12) 後藤智明、小川由信：Leap-Frog 法を用いた津波の数値計算法、東北大学工学部土木工学科資料、52p、1982.
13) 今井健太郎、今村文彦、岩間俊二：市街地における実用的な津波氾濫解析手法の提案、土木学会論文集 B2（海岸工学）、Vol.69-2、pp.311-315、2013.
14) 内閣府：南海トラフの巨大地震モデル検討会/津波断層モデル(8)初期水位データ_07 系_0810-99)、https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/120807、参照 2018-5-24.
15) 今井健太郎、大林涼子、甲斐芳郎、行谷佑一、高橋成実：直線海岸を有する沿岸地域における木造建物の津波被害関数の特徴、日本地震工学会第 12 回年次大会梗概集、P2-2、CD-ROM、2016.
16) 東北地方整備局：津波による湛水は９２％解消しました ～緊急排水対策は最終段階へ～、http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/kisya/saigai/images/34655_1.pdf、参照 2017-10-18.
17) 三好学、田村隆雄、安芸浩資、藤田真人: 徳島市上八万地区における降雨量と内水氾濫による浸水被害との関係、 土木学会四国支部平成 25 年自然災害フォーラム論文集、pp.69-77、 2013.
18) Baba T.、J. Taniguchi、N. Kusunoki、M. Miyoshi、H. Aki: Preliminary study on long-term flooding after the tsunami、J. Disaster Research、12、741-747、doi:10.20965/jdr.2017、p0741、2017.
19) 平成 27 年度 吉野川・旧吉野川氾濫解析業務：国土交通省 徳島河川国道事務所、P.3-240-P.3-266、2016.

②地震動

(a) 業務の要約

地盤震動の研究としては、３次元有限差分法によるグリーン関数の補間を利用した強震動評価法を新たに提案し、広帯域の地震用を効率的に予測する方法を確立した。また、これを用いて、南海トラフの東側の震源域が破壊したときの地震動を２ケースについて評価した。

(b) 業務の実施方法

本業務の実施方法について説明する。地震動は、震度への影響が小さい背景領域は考慮せず、強震動生成域（以下、SMGA と表記する）のみの強震断層モデルで評価する。SMGA を構成するすべての要素断層について、全地表面に対するグリーン関数をあらかじめ計算しておき、震源過程に応じて適切に合成することで地震動を評価する。一部の要素断層によるグリーン関数のみ３次元有限差分法により計算し、残りは観測点からの距離に応じてグリーン関数の補間を行い、必要な精度を確保しつつ、効率的に地震動を予測することとする。図３－２－②－１に計算方法を示す。(a) は評価地点近傍の SMGA である。これは評価地点の地震動に大きな影響を与えるため、すべての要素断層についてグリーン関数を理論的に計算する。これを理論グリーン関数と呼ぶ。(b) は評価地点からある程度離れた SMGA である。この場合、各要素断層からの地震波の伝播経路は近接しており、要素断層ごとのグリーン関数の波形の差は小さいと考えられる。そのため、SMGA の四隅の要素断層によるグリーン関数を理論的に計算しておき、残りの要素断層によるグリーン関数はそれらの補間により求める。これを補間によるグリーン関数と呼ぶ。(c) は評価地点から非常に遠い SMGA である。この場合、要素断層ごとのグリーン関数の波形の差はほぼ無いものと考えられる。そのため、SMGA を代表する要素断層ひとつによるグリーン関数のみを理論的に計算しておき、他の要素断層に対してもこれを代用する。その際、地震動の評価地点と要素断層間の距離による補正、走時の補正等を行わず、破壊時刻の分だけ時間シフトさせ合成する。

図３－２－②－１の（b）の場合に着目して、図３－２－②－２に９つの要素断層からなる SMGA におけるグリーン関数の補間の模式図を示す。SMGA の四隅の要素断層①～④によるグリーン関数が既知のとき、残りの要素断層によるグリーン関数を補間により求める。はじめに、グリーン関数 $G(t)$ のフーリエ変換 $F(\omega)$ を次のように表す。

$$G(t) \Leftrightarrow F(\omega) = \alpha(\omega) e^{i\phi(\omega)} \qquad （３－２－②－１）$$

また、フーリエ位相 $\phi(\omega)$ の ω に対する変化率である群遅延時間 [1] を $t_{gr}(\omega)$ と表す。群遅延時間は波群の到達時刻を表す。ここでは波動伝播を考慮するため、位相情報の補間には群遅延時間 $t_{gr}(\omega)$ を、振幅情報の補間にはフーリエ振幅 $\alpha(\omega)$ を用いる。SMGA の四隅の要素断層①～④によるグリーン関数の $\alpha(\omega)$ と $t_{gr}(\omega)$ を使用して要素断層⑤～⑨のグリーン関数の $\alpha(\omega)$ と $t_{gr}(\omega)$ を以下のように表す。

$$\alpha(\omega) = Z_1\alpha_1(\omega) + Z_2\alpha_2(\omega) + Z_3\alpha_3(\omega) + Z_4\alpha_4(\omega) \qquad （３－２－②－２）$$

$$t_{gr}(\omega) = Z_1 t_{gr1}(\omega) + Z_2 t_{gr2}(\omega) + Z_3 t_{gr3}(\omega) + Z_4 t_{gr4}(\omega) \qquad （３－２－②－３）$$

Z_1~Z_4 は図３－２－②－２中の x、y、L_x、L_y を使って次のように表す。

$$Z_1 = \frac{L_x - x}{L_x}\frac{L_y - y}{L_y}, Z_2 = \frac{L_x - x}{L_x}\frac{y}{L_y}, Z_3 = \frac{x}{L_x}\frac{L_y - y}{L_y}, Z_4 = \frac{x}{L_x}\frac{y}{L_y} \qquad （３－２－②－４）$$

$\alpha(\omega)$ と $t_{gr}(\omega)$ の添字は図３－２－②－２中の要素断層の番号に対応している。補間によるグリーン関数の位相は次式で計算する。

$$\phi(\omega) = \int_0^{\omega} t_{gr}(\zeta) d\zeta \qquad （３－２－②－５）$$

$\alpha(\omega)$について、理論的には、実体波や表面波の幾何減衰を考慮して、震源と評価地点との距離もしくはその平方根を用いた式とすべきである。また、$t_{gr}(\omega)$についても、理論的には地震波の走時の違い等を考慮した補間の方法をとるべきである。しかしながら、ここでは、SMGA の一辺の長さに比べて評価地点と SMGA との距離が十分大きいことを前提に、以上の方法で補間を行う。

(c) 業務の成果

本業務の成果について説明する。３次元有限差分法により理論グリーン関数を計算する領域、評価地点、各 SMGA の位置を図３－２－②－３に示す。震源モデルは、内閣府のもの[2)]を参考に設定した。はじめに、SMGA②の四隅にあたる要素断層 A、C、G、I によるグリーン関数を理論的に計算し、その他の要素断層 B、D、E、F、H によるグリーン関数を補間により求める。図３－２－②－４に各要素断層によるグリーン関数を示す。それぞれについて補間結果と理論計算結果を重ね描き、鈴木・他[3)]による波形と包絡形の適合度 GOF と E-GOF も示した。これらの指標は、それぞれ 0.003～10 の値をとり、値が大きいほど波形もしくは包絡形の適合度が高いことを示す。要素断層 B、D、F、H、さらに E においては、SMGA からの四隅の距離とともに適合度が低下する傾向が見られる。

続いて、図３－２－②－５に各 SMGA の破壊による評価地点での地震動を示す。破壊開始点は各 SMGA の南端とした。いずれの SMGA についても、理論計算との適合度が高い。また、評価地点から離れた SMGA ほど適合度が低くなる傾向がある。これは震源距離とともに地震波の分散が大きくなるためであると考えられる。本手法が適用可能な範囲においては、地震波の分散が小さいほど、つまり評価地点に近い SMGA ほど補間によるグリーン関数を用いた波形合成の精度は高い。しかし、SMGA が評価地点の至近に位置している場合は、地震波の伝播経路の違いが大きいため、グリーン関数の補間を行うことは適切ではない。一方、評価地点から遠い SMGA については地震動の振幅が小さく、多少の精度の低下は許容できる。

さらに、南海トラフ巨大地震では複数の SMGA が連動して破壊する。ここでは破壊開始点の位置による地震動の違いについて比較する。図３－２－②－６に、想定した震源過程を示す。震源域全体の破壊開始点を黒の星印★で、各 SMGA の破壊開始点を白の星印☆で示す。破壊伝播速度は 2.7 km/s とした。図３－２－②－７に各ケースの評価地点での速度波形を、図３－２－②－８に速度応答スペクトル（減衰定数 5%）を示す。破壊伝播が評価地点に近づく方向へ進行するケース１では、ディレクティビティ効果による指向性パルスが大きく、応答スペクトルの値も大きい。一方、SMGA②以外は評価地点から遠ざかる方向へ破壊伝播が進行するケース２では、指向性パルスは小さく、地震動の継続時間が長い。いずれの場合も理論計算との適合度は高く、補間によるグリーン関数を使用することで種々の震源過程を適切に比較検討できることが分かった。

(d) 結論ならびに今後の課題

３次元有限差分法によるグリーン関数について、必要に応じて補間を施しながら波

形合成を行うことにより、効率的に地震動を評価する手法を確立した。これを用いて、南海トラフの東側の震源域について２ケースの地震動を評価し、適切に地震動波形を計算することができることを確認した。今後は、広域の地震動を面的に評価することを目指す。具体的には、愛知県碧南市を中心とした地域について地震動評価を行い、震源過程のゆらぎによる地震動レベルの変動幅を明らかにすることを考える。

(e)引用文献

1) 佐藤忠信、吉田郁政、大島義信：地震動位相のモデル化について、土木学会論文集 A1（構造・地盤工学）、Vol.70、No.4、pp.I_273-I_284、2014

2) 内閣府、南海トラフの巨大地震モデル検討会、首都直下地震モデル検討会：南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告、2015

3) 鈴木文乃、加藤研一、渡辺哲史：地震観測波形とシミュレーション波形の適合度評価 Frequency domain error の改良と V&V での適用、日本建築学科構造系論文集 第 83 巻 第 752 号、pp.1435-1444、2018

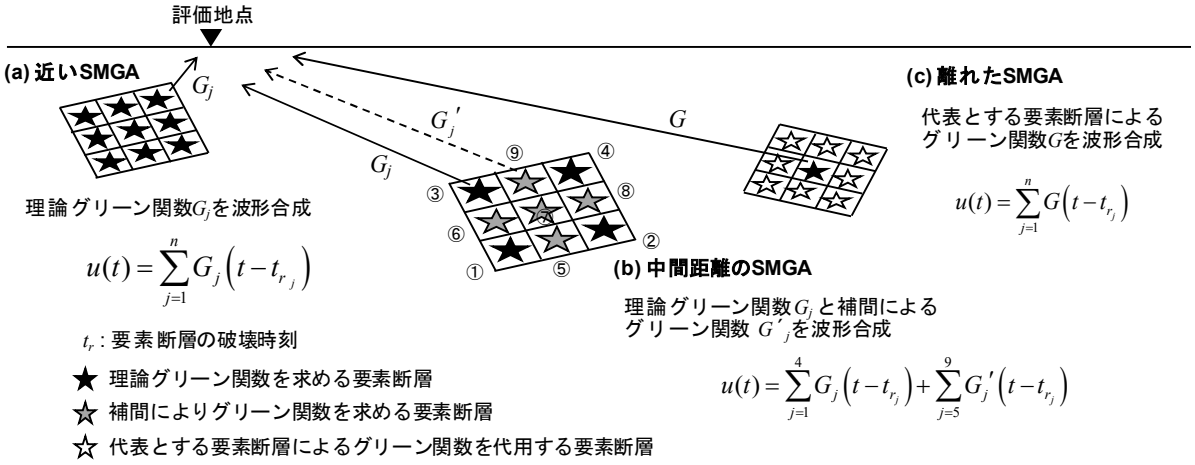


図３－２－②－１　本業務で提案する地震動評価法の概要

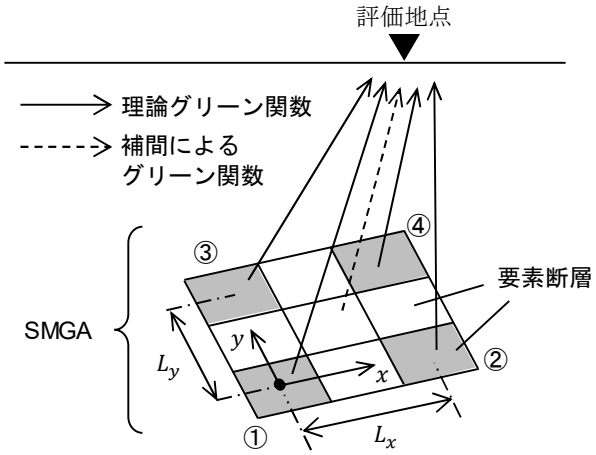


図３－２－②－２　強震動生成域内でのグリーン関数の補間の模式図

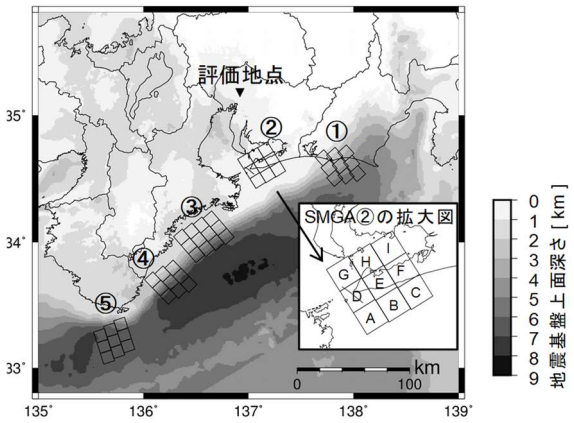


図３－２－②－３　理論計算の範囲と強震動生成域の位置

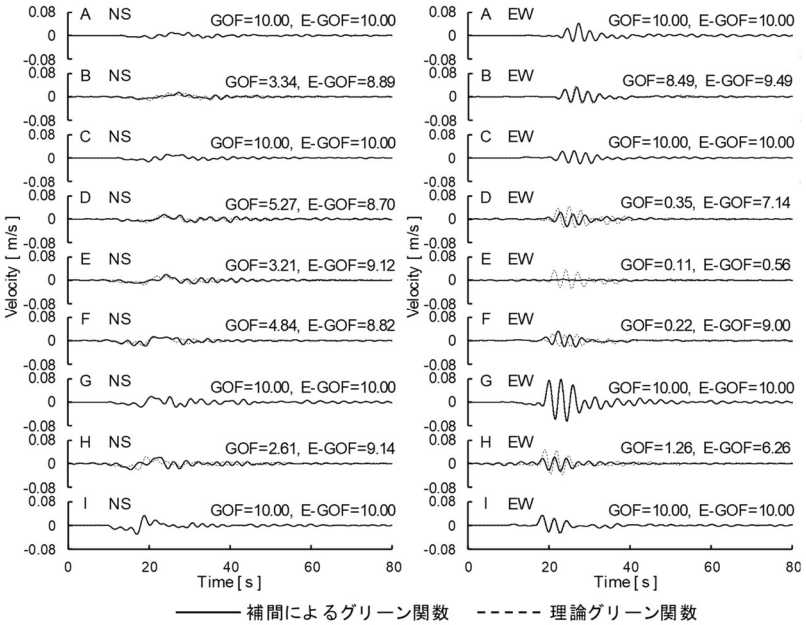


図３－２－②－４　SMGA②の各要素断層による評価地点でのグリーン関数

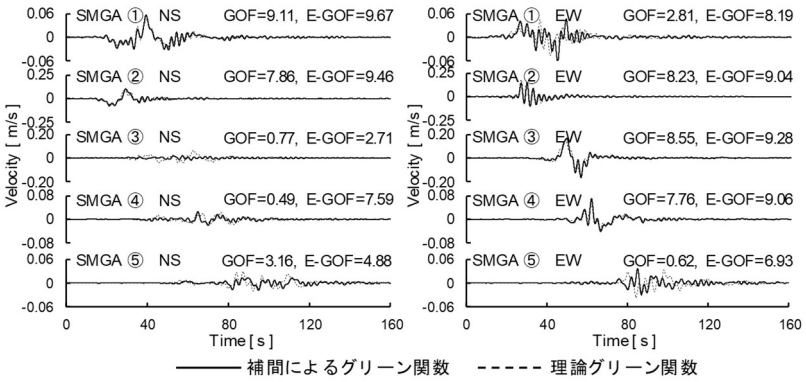


図３－２－②－５　各 SMGA による評価地点での地震動

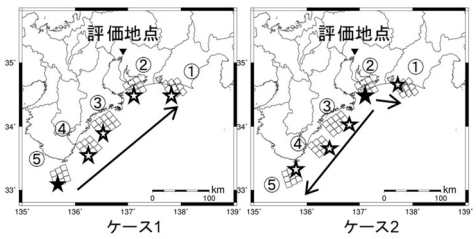


図３－２－②－６　地震動評価の対象とした震源過程

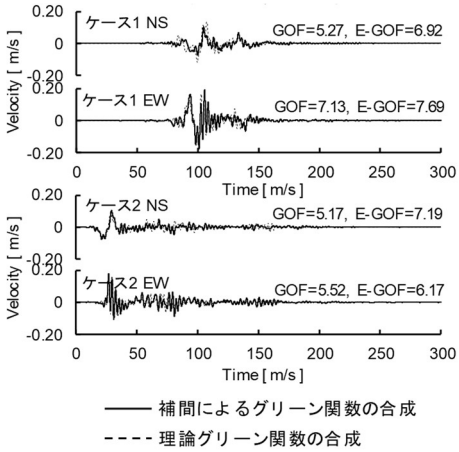


図３－２－②－７　各ケースの評価地点における地震動

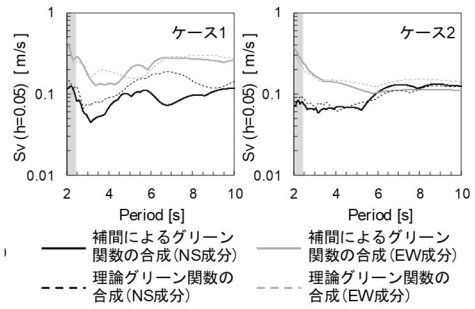


図３－２－②－８　速度応答スペクトル

③地盤災害

(a) 業業務の要約

平成 30 年度は、碧南市蜆川下流域を対象とし、簡易モデルによる地震時変状予測を実施した。本年度は、減災戦略の立案に資するために、現地調査結果を参考に、下流域に加えて中流域の現況河川堤防を、矢板を考慮する形でモデル化し、L1 地震動および L2 地震動に対する、異なる外力シナリオ下での地震時地盤変状予測を実施した。L1 地震動の場合、表層の砂質土は液状化するものの、堤防の沈下量は両断面ともに堤防高の 20%弱と小さく、地震時に健全性を保つ。一方、L2 地震動の場合は、最大加速度が大きいことに加えて、継続時間が長く、長周期成分を多く含むため、軟弱粘土層も乱されて剛性を失い、堤防の沈下量は堤防高の 36%～50%程度と L1 地震動に比べて大

きくなるものの、内閣府等における浸水被害予測で用いられる堤防高 75%喪失にまでは至らない可能性があることを確認した。なお，本解析では L1 地震動では健全性を保っていた河川堤防が、L2 地震動のように長周期で長時間の揺れが続くと、堤防直下の偏荷重を受けている場所においては、軟弱な粘性土が乱され、地震中の揺すりこみ沈下が発生することを示した。このことは、細粒土であっても、特に比較的粒径の大きいシルト分が支配的で、N 値が小さく軟弱な状態にある粘性土層では大きな揺れによる地震被害に注意が必要であることを示唆している。

(b) 業務の実施方法

使用した解析コードは、土の骨格構造とその働きの差異によって砂から粘土、両者が混在した中間土を同じ理論的枠組みの中で記述する土骨格の弾塑性構成式 SYS カムクレイモデル(Asaoka, A. et al., 2002)を搭載した水～土骨格連成有限変形解析コード *GEOASIA*(Noda, T. et al., 2008)で、静的も動的も区別なく扱うことができる。蜆川中流域と下流域の河川堤防を対象に、原位置調査結果をもとに弾塑性モデル化し、地震応答解析を実施した。

(c) 業務の成果

図３－２－③－１は、愛知県が公表する理論上最大モデル（愛知県）による、碧南市の津波最大浸水深分布図である（碧南市)。蜆川や矢作川下流域は干拓地で土地が低く、津波発生時の浸水深が大きく想定されている。しかしながら、この浸水深分布図は、河川堤防が一律 75%喪失したという仮定に基づいている。この仮定は、過去に被災した数多くの河川堤防被害の最大値を包絡して求めた数値（国土交通省，2012）であり、安全側評価を行っていることが考えられる。

平成 30 年度は、碧南市蜆川下流域を対象とし、簡易モデルによる地震時変状予測を実施した。本年度は、減災戦略の立案に資するために、防災対策河川工事のために実施された現地調査結果（愛知県，2017）を参照して矢板を考慮する形でモデル化し、地震応答解析を実施した。平成 30 年度は下流域のみを対象としていたが、縦断方向に地層構成が異なることを考慮して、下流域に加えて、中流域も対象としている。さらに、平成 30 年度は、内閣府が公開の当該地点周辺における南海トラフ地震（内閣府）を入力地震動としていたが、この地震動に長周期成分を含む想定地震動を新たに作成し（福井ら，2017)、入力地震動としている。この L2 地震動に加えて、L1 地震動も用いて、異なる外力シナリオ下での河川堤防の変状予測を行った。使用した解析コードは、土の骨格構造とその働きの差異によって砂から粘土、両者が混在した中間土を同じ理論的枠組みの中で記述する土骨格の弾塑性構成式 SYS カムクレイモデル(Asaoka, A. et al., 2002）を搭載した水～土骨格連成有限変形解析コード *GEOASIA*（Noda, T. et al., 2008）であり、静的も動的も区別なく扱うことができる。

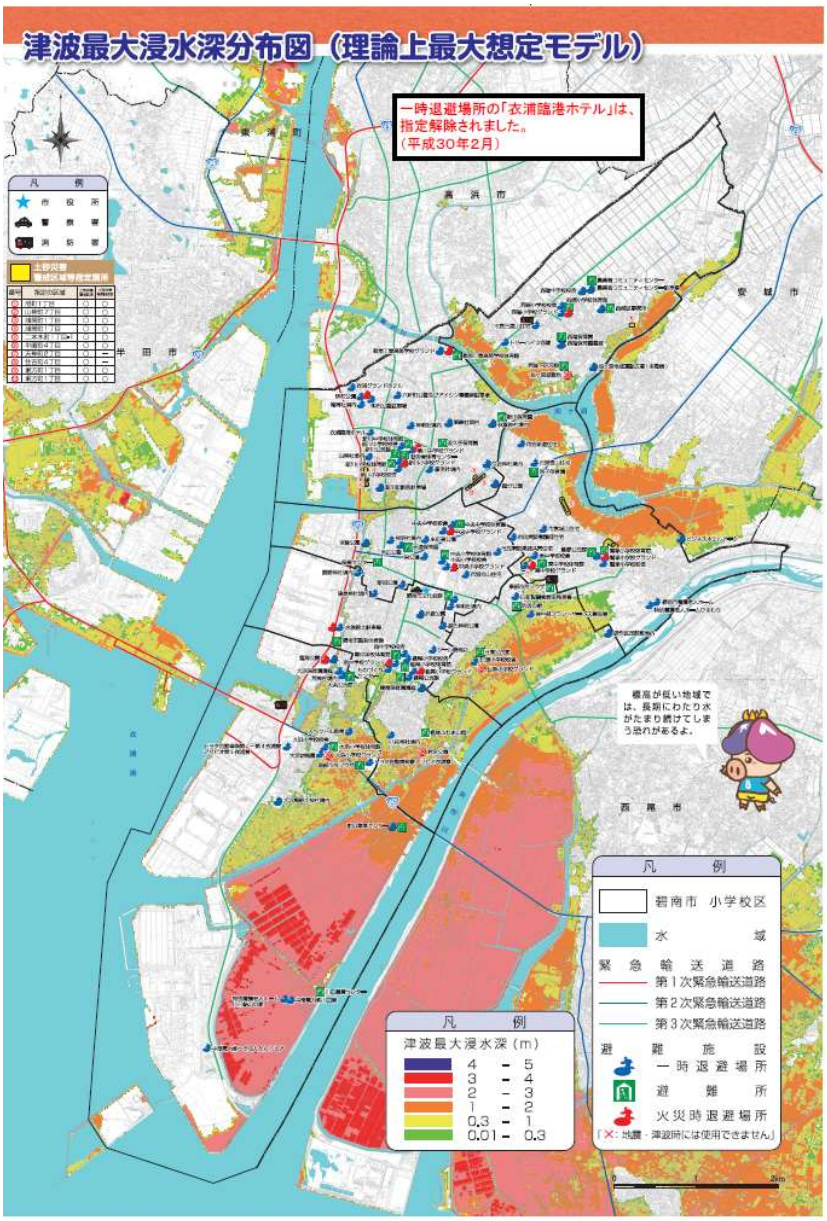


図３－２－③－１　津波最大浸水深分布図（碧南市）

蜆川下流域周辺の地層縦断図（愛知県，2017）を図３－２－③－２に示す。表層は埋立土であり、その下部に堆積する沖積層と洪積層の境界は下流域ほど深い。本業務では、沖積層の薄い中流域の No.4 地点、および沖積層の厚い下流域の No.1 地点を代表断面として、横断面の地震応答解析を実施した。

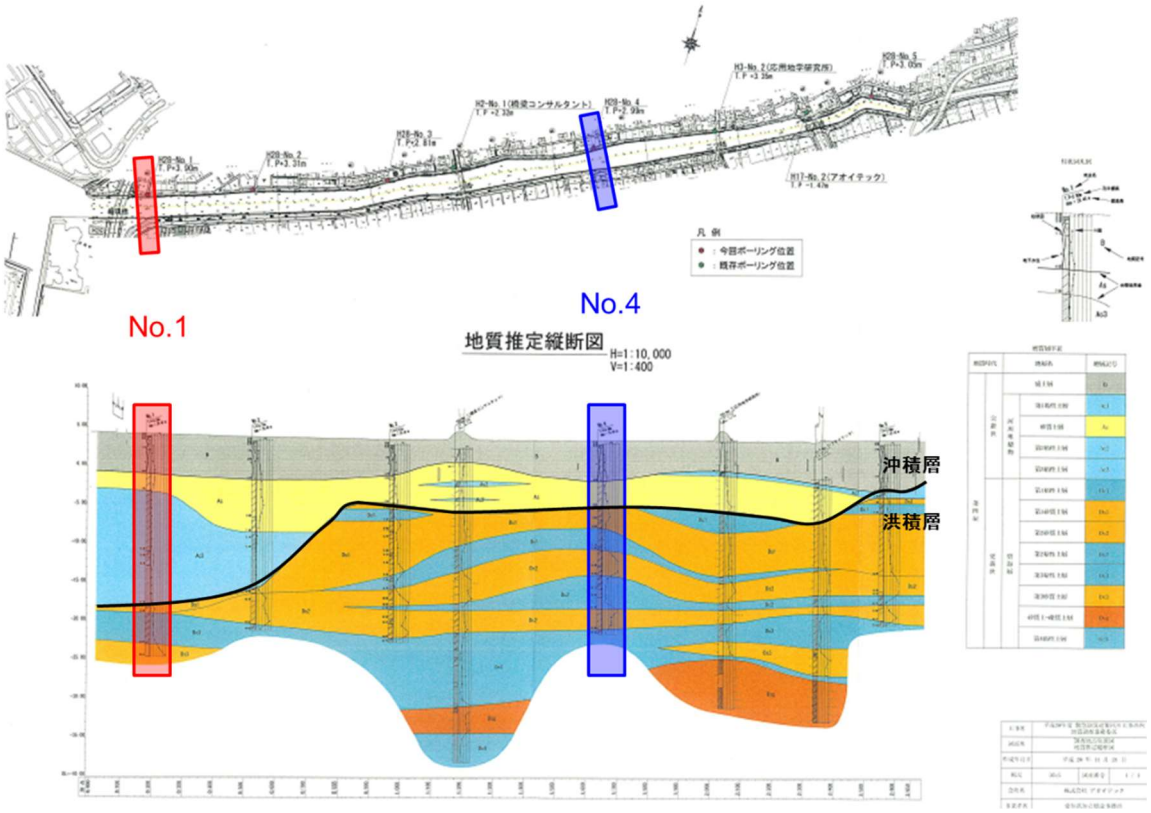


図３－２－③－２　蜆川の地層縦断図（愛知県，2017 に加筆）

ボーリング結果（愛知県，2017）をもとに作成した No.4 地点の地層断面図を図３－２－③－３に、No.1 地点の地層断面図を図３－２－③－４に示す。No.4 地点は砂質土が支配的であり、左岸ほど沖積層が厚い。土質ごとに比べてみると、表層付近の埋土層および砂層 1 の N 値が小さく、緩い状態にあり、液状化の危険性が高いと考えられる。一方、No.1 地点は表層の砂質土の下に粘性土が堆積しており、特に右岸で粘土層が厚い。粘土層 1 は N 値が 0～2 と非常に小さく軟弱な状態にある。

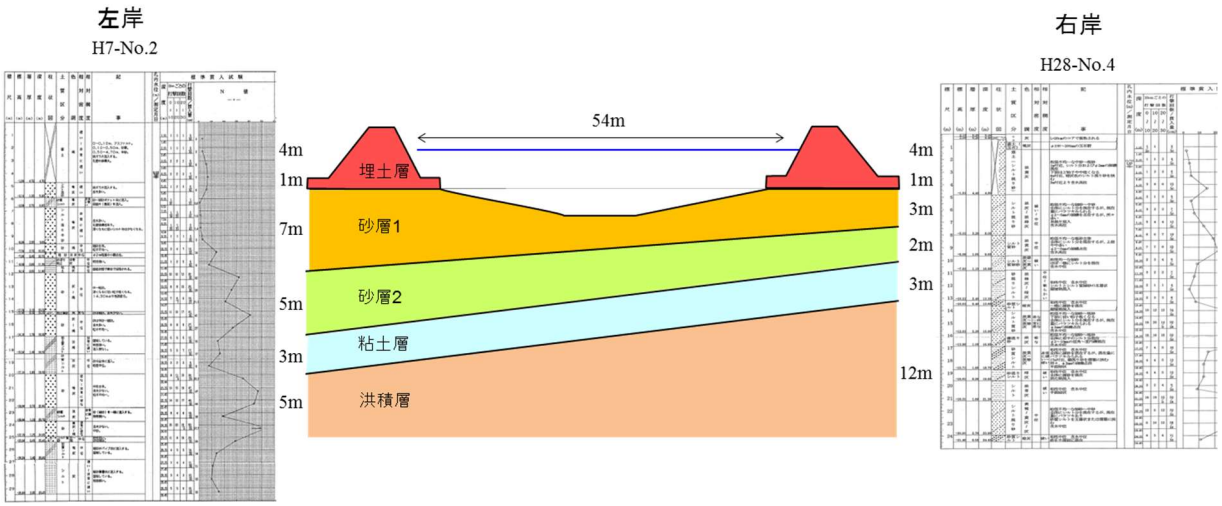


図３－２－③－３　No.4 地点の地層断面図

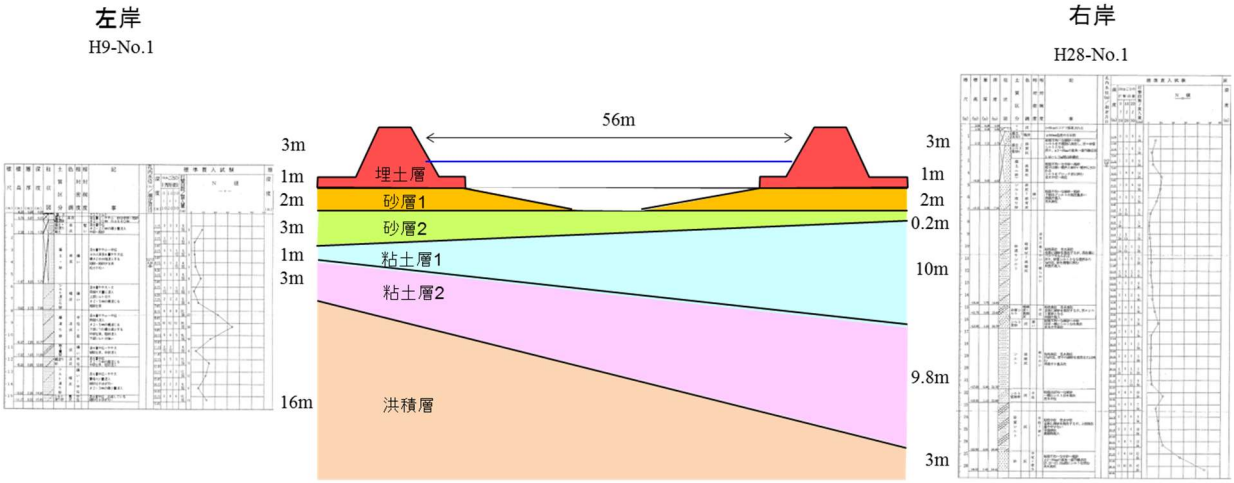


図３－２－③－４　No.１地点の地層断面図

解析に用いた弾塑性性状の一覧を表３－２－③－１およびに表３－２－③－２に示す。弾塑性性状は、原位置で実施された地盤調査結果（物理試験結果）から決定している。

表３－２－③－１　解析に用いた弾塑性性状の一覧（No.４地点）

		B	As	Ds	Dc	D
弾塑性	NCL の切片 N	1.66	1.66	1.67	1.86	1.66
	限界状態定数 M	1.58	1.58	1.58	1.55	1.58
	圧縮指数 $\tilde{\lambda}$	0.047	0.047	0.050	0.091	0.047
	膨潤指数 $\tilde{\kappa}$	0.0047	0.0047	0.0050	0.0091	0.0047
	ポアソン比 ν	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
発展則	$-D_v^p$ と $\|D_s^p\|$ の割合 c_s	1.0	1.0	1.0	0.2	0.2
	構造劣化指数 $a(b=c=1.0)$	1.34	1.34	1.30	0.94	1.34
	正規圧密土化指数 m	1.28	1.28	1.34	2.65	1.28
	回転硬化指数 br	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	回転硬化限界面 m_b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
初期値	構造の程度 $1/R^*_0$	2.63	2.45	1.81	3.66	2.03
	過圧密比 $1/R_0$	27.78	28.50	51.80	3.59	41.33
	応力比 η_0	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545
	異方性の程度 ς_0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表３－２－③－２　解析に用いた弾塑性性状の一覧（No.４地点）

		B	As1	As2	Ac1	Ac2	Dc
弾塑性	NCL の切片 N	1.66	1.65	1.66	2.15	2.83	1.99
	限界状態定数 M	1.58	1.58	1.58	1.52	1.45	1.54
	圧縮指数 $\tilde{\lambda}$	0.047	0.046	0.048	0.15	0.30	0.12
	膨潤指数 $\tilde{\kappa}$	0.0047	0.0046	0.0048	0.015	0.03	0.012
	ポアソン比 ν	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
発展則	$-D_v^p$ と $\|D_s^p\|$ の割合 c_s	1.0	1.0	1.0	0.2	0.2	0.2
	構造劣化指数 $a(b=c=1.0)$	1.34	1.35	1.33	0.57	0.17	0.74
	正規圧密土化指数 m	1.28	1.26	1.30	7.44	87.3	4.31
	回転硬化指数 br	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	回転硬化限界面 m_b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
初期値	構造の程度 $1/R^*_0$	2.70	2.53	1.55	4.06	4.04	3.47
	過圧密比 $1/R_0$	23.7	26.9	70.6	2.83	2.87	4.07
	応力比 η_0	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545
	異方性の程度 ς_0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

解析に用いた有限要素メッシュ図（河川堤防構築、河道掘削後）を図３－２－③－５および図３－２－③－６に示す。河川堤防や河床の形状は計画横断面図から決定した。初期状態は地表面が水平な地盤とし、有限要素メッシュを追加・削除する方法で、河川堤防構築および河道掘削を行った。現況堤防として、左岸川表側には矢板が打設されているため、線形弾性体としてモデル化している。水理境界としては、側面および底面は非排水境界、地盤および堤防の表面波大気圧境界（常に水圧ゼロ）とした。両側面には側方要素単純せん断境界を採用し、波の反射に対処している。また、地震中は底面に粘性境界を設け、モデル化した地盤より深部への波の逸散減衰を再現している。初期値に関しては、層内で構造の程度、過圧密比、応力比、異方性の程度は均質であると仮定し、土被り圧に応じて間隙比を分布させた。一般的に盛土部は不飽和状態にあると考えられるが、本解析において、盛土は飽和土として扱っている。これは豪雨直後の状態に相当し、河川堤防の耐震性評価としては、安全側評価に相当すると考えられる。

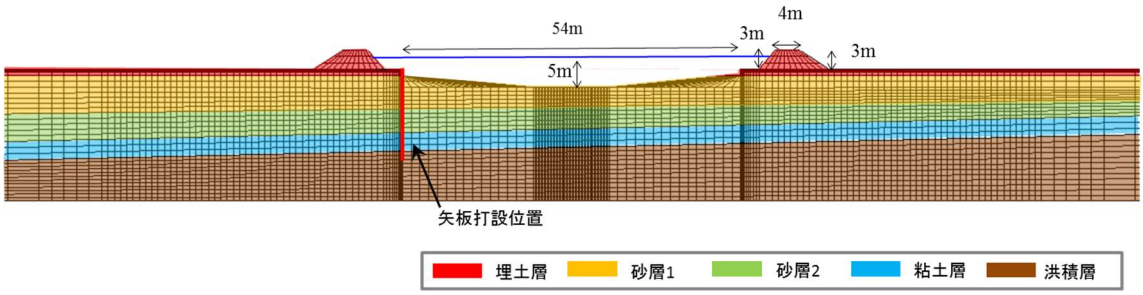


図３－２－③－５　有限要素メッシュ（No.４地点）

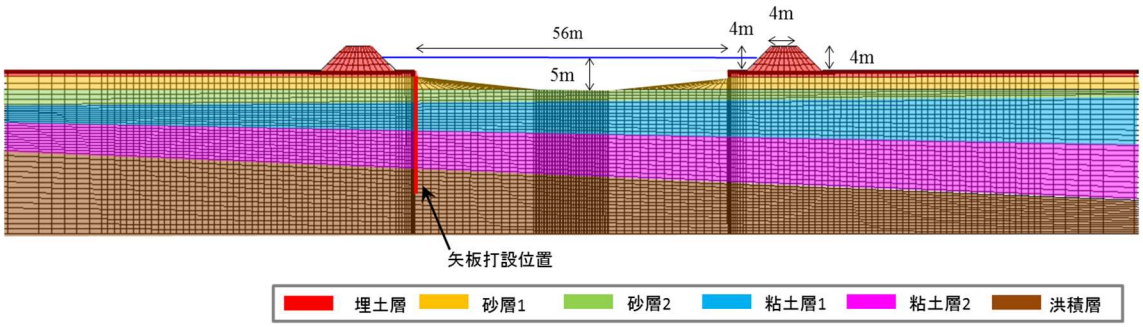


図３－２－③－６　有限要素メッシュ（No.１地点）

入力地震動を図３－２－③－７および図３－２－③－８に示す。L1 地震動としては、国土交通省国土技術政策総合研究所で公開されている地方港湾の常滑港における L1 地震動（国土交通省国土技術政策総合研究所）を用いた。L2 地震動としては、内閣府が公開の当該地点周辺における南海トラフ地震に長周期成分を新たに含めた想定地震動である（福井ら，2017）。L2 地震動は L1 地震動に比べて、最大加速度が大きく継続時間が長いことに加えて、１秒以上の長周期成分を多く含んでいる。

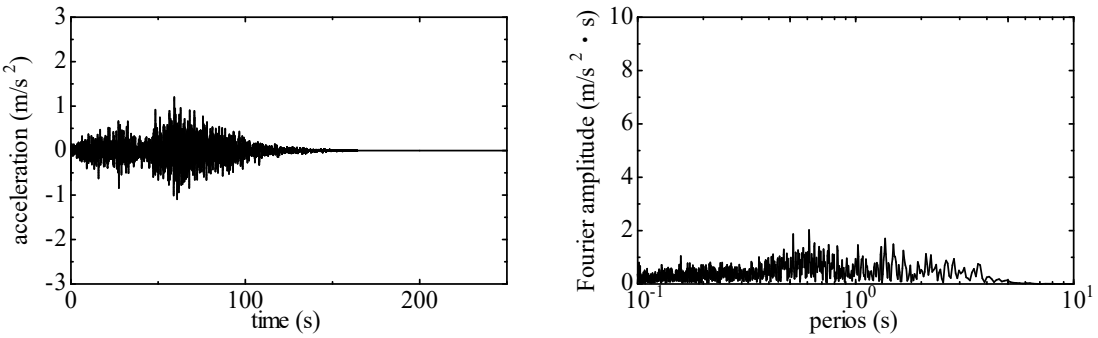


図３－２－③－７　入力地震動（L1 地震）

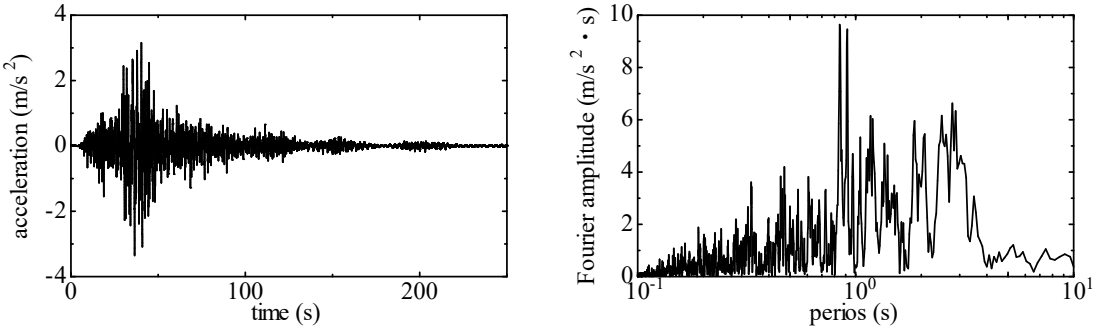


図３－２－③－８　入力地震動（L2 地震）

No.4 地点、L1 地震動の場合

No.4 地点に対して、L1 地震動を入力した時の、地震発生から 170 秒後（地震終了直後）の平均有効応力分布を図３－２－③－９に、せん断ひずみ分布を図３－２－③－10 に示す。地表面付近では平均有効応力がほぼゼロとなって液状化している。せん断ひずみを見ると、堤防および表層付近の埋土・砂１層で大きくなっているが、堤防周辺や地盤深部ではほとんどせん断ひずみが発生していない。

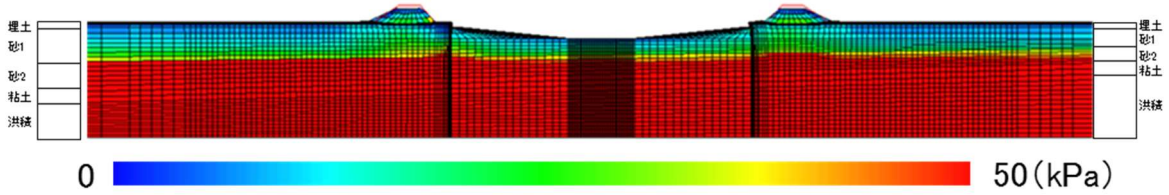


図３－２－③－９　平均有効応力分布（No.4 地点、L1 地震動）

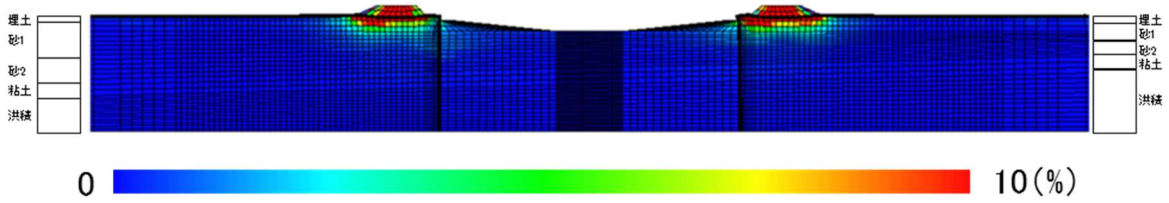


図３－２－③－10　せん断ひずみ分布（No.4 地点、L1 地震動）

堤防法尻における水平変位を図３－２－③－11 に、堤防中央部における沈下量を図３－２－③－12 に示す。右岸・左岸ともに、堤防法尻のストレッチングはほとんど生じていない。また、天端高は左岸で 0.5m（初期堤防高の 16%喪失）、右岸で 0.6m（20%）減少しているが、その大部分が盛土で発生している。本解析では盛土部を飽和土としてモデル化している（豪雨などの影響で盛土に十分水が浸透しているような状態）ため、変形は大きめに生じているものの、堤防の変形は小さく、L1 地震動では河川堤防は健全性を保つ。

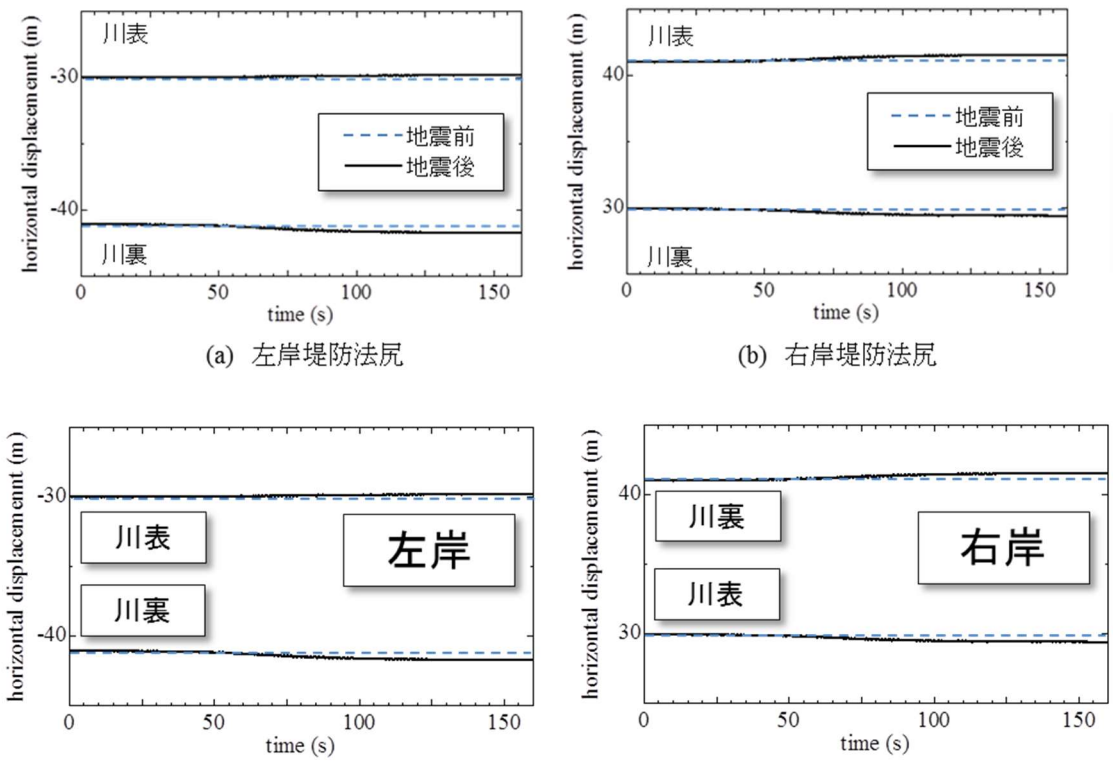


図３－２－③－11　堤防法尻の水平変位（No.4 地点、L1 地震動）

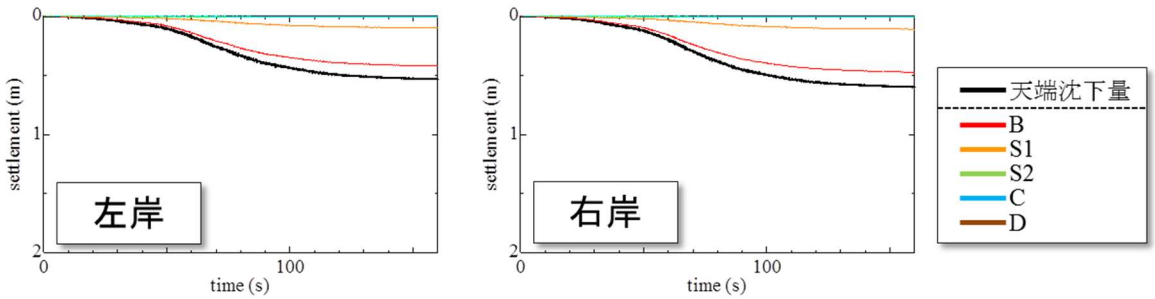


図３－２－③－12　堤防中央部における沈下量（No.4 地点、L1 地震動）

<u>No.1 地点、L1 地震動の場合</u>

No.1 地点に対して、L1 地震動を入力した時の、地震発生から 170 秒後（地震終了直後）の平均有効応力分布を図３－２－③－13 に、せん断ひずみ分布を図３－２－③－14 に示す。中流の No.4 断面と同じく、埋土および砂 1 層の平均有効応力が低下して液状化を示し、堤防および堤防直下の砂 1 層でせん断ひずみが発生する。堤防直下の軟弱な粘土 1 層でもせん断ひずみが発生しているが、その程度は小さい。

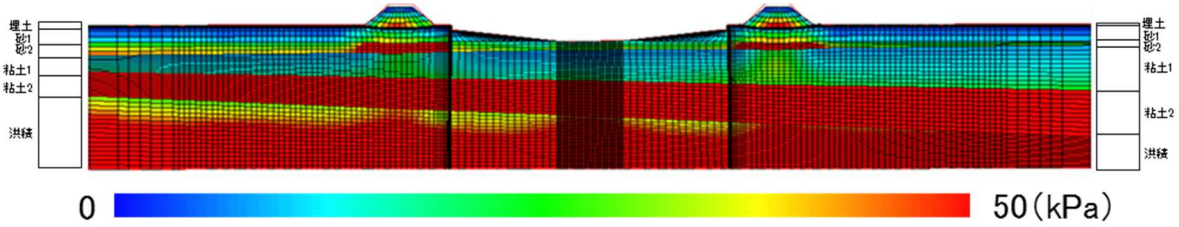


図３－２－③－13　平均有効応力分布（No.1 地点、L1 地震動）

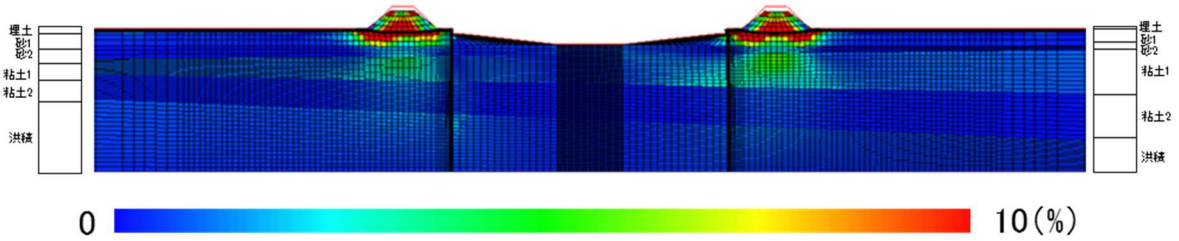


図３－２－③－14　せん断ひずみ分布（No.1 地点、L1 地震動）

堤防法尻における水平変位を図３－２－③－15 に、堤防中央部における沈下量を図３－２－③－16 に示す。中流の No.4 断面と同じく、右岸・左岸ともに、堤防法尻のストレッチングはほとんど生じていない。天端高は左岸・右岸ともに 0.75m（初期堤防高の 18%喪失）減少している。堤防の変形は小さく、L1 地震動では河川堤防は健全性を保つ。

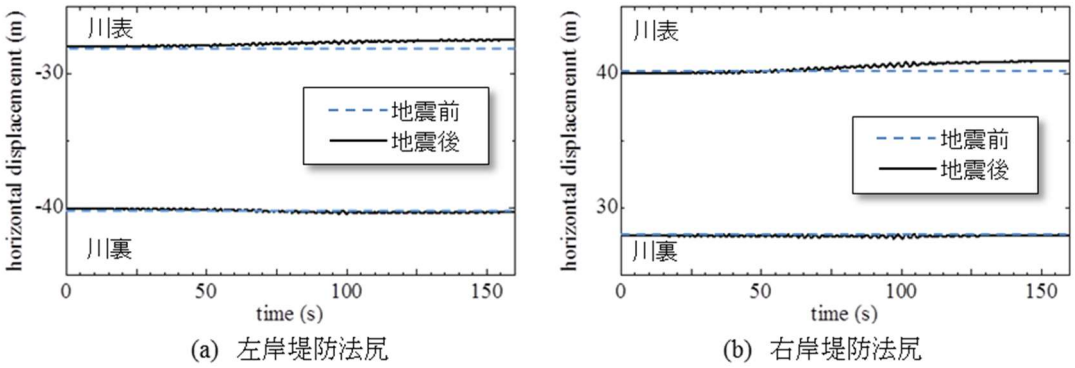


図３－２－③－15　堤防法尻の水平変位（No.1 地点、L1 地震動）

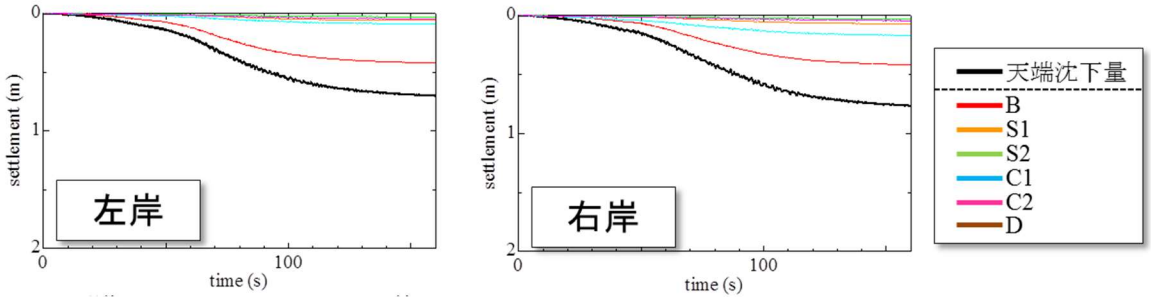


図３－２－③－16　堤防中央部における沈下量（No.1 地点、L1 地震動）

No.4 地点、L2 地震動の場合

No.4 地点に対して、L2 地震動を入力した時の、地震発生から 170 秒後（地震終了直後）の平均有効応力分布を図３－２－③－17 に、せん断ひずみ分布を図３－２－③－18 に示す。L1 地震動に比べて、埋土および砂 1 層の平均有効応力低下の程度が大きくなり、液状化が甚大化している。それに伴い、堤防自身と堤防直下のせん断ひずみは L1 地震動と比べて増大する。

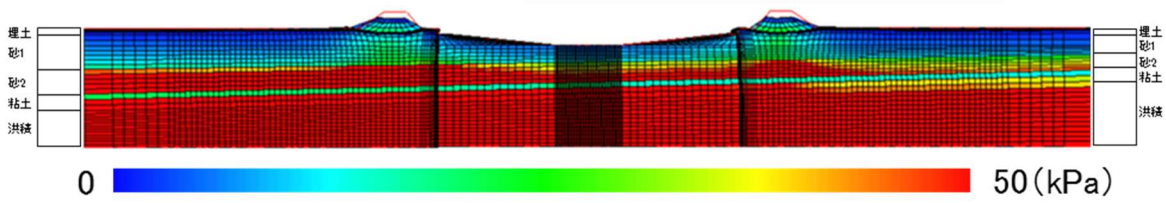


図３－２－③－17　平均有効応力分布（No.4 地点、L2 地震動）

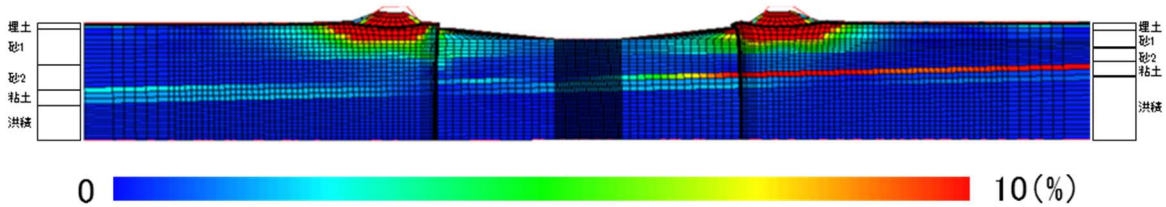


図３－２－③－18　せん断ひずみ分布（No.4 地点、L2 地震動）

堤防法尻における水平変位を図３－２－③－19 に、堤防中央部における沈下量を図３－２－③－20 に示す。L1 地震動とは異なり、右岸・左岸ともに堤防法尻での水平変位が発生する。矢板のない右岸では川表・川裏両方に拡がっていくが、矢板の打設してある左岸では、川裏側へ拡がっていく。川表への水平変位が抑制されている半面、川裏側の水平変位量は大きくなる。天端高は左岸で 1.2m（初期堤防高の 40%喪失）、右岸で 1.1m（36%）減少している。堤防自身に加えて砂 1 層での沈下量が大きくなっている。これは、砂層の液状化が甚大化し、地震中に剛性低下による揺すりこみ沈下が生じたためで

ある。L1 地震動と比べて、堤防の沈下量は大きくなるが、内閣府が浸水被害予測で用いる堤防高 75%喪失にまでは至らない可能性があることがわかった。

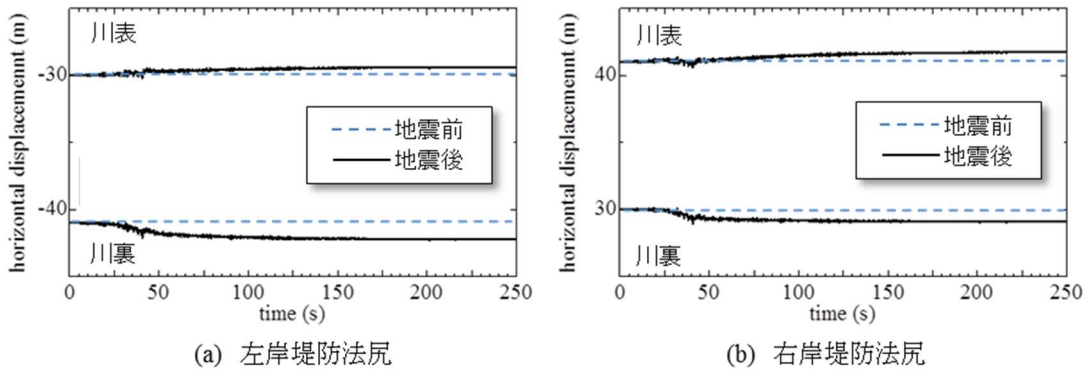


図３－２－③－19　堤防法尻の水平変位（No.4 地点、L2 地震動）

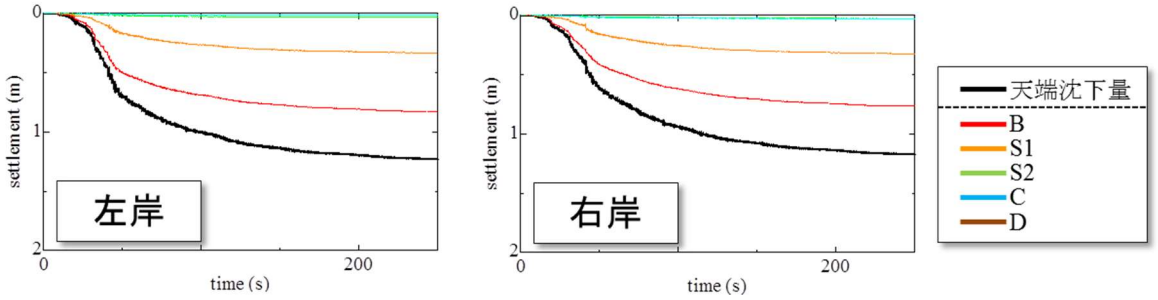


図３－２－③－20　堤防中央部における沈下量（No.4 地点、L2 地震動）

<u>No.1 地点、L2 地震動の場合</u>

No.1 地点に対して、L2 地震動を入力した時の、地震発生から 170 秒後（地震終了直後）の平均有効応力分布を図３－２－③－21 に、せん断ひずみ分布を図３－２－③－22 に示す。L1 地震動のように埋土および砂 1 層だけでなく、粘土 1 層においても平均有効応力が大きく減少し、剛性を失っている。また、堤防直下の粘土 1 層では大きなせん断ひずみが発生しており、粘性土であっても、軟弱かつ偏荷重を受けている場所（堤防直下）では、長時間強い揺れが継続すると、地盤が乱されて被害が発生する。

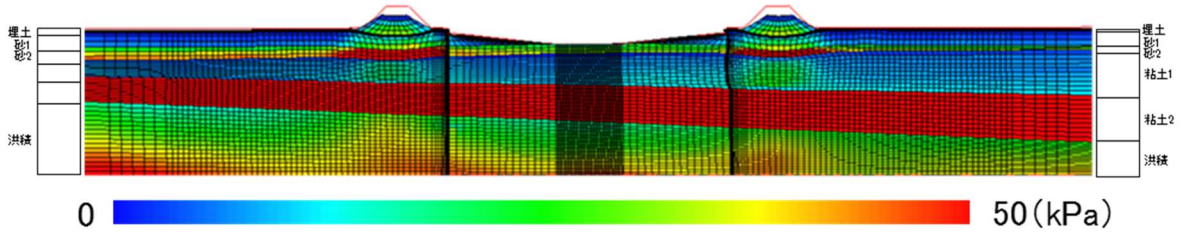


図３－２－③－21　平均有効応力分布（No.1 地点、L2 地震動）

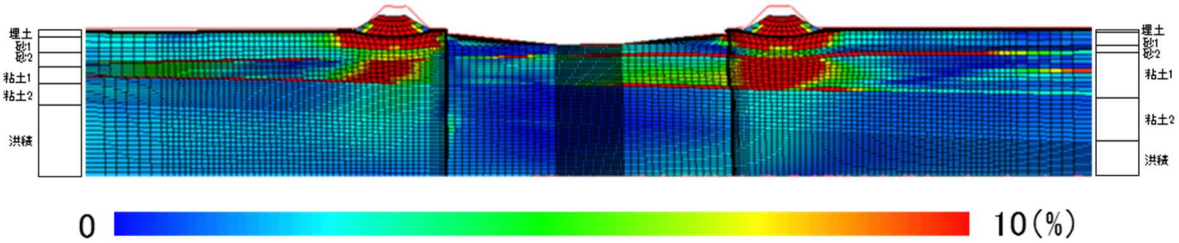


図３－２－③－22　せん断ひずみ分布（No.1 地点、L2 地震動）

堤防法尻における水平変位を図３－２－③－23 に、堤防中央部における沈下量を図３－２－③－24 に示す。No.4 地点と同様に、右岸・左岸ともに堤防法尻での水平変位が発生する。矢板のない右岸では川表・川裏両方に拡がっていくが、矢板の打設してある左岸では、川裏側へ拡がっていく。川表への水平変位が抑制されている半面、川裏側の水平変位量はおおきくなる。天端高は左岸で 1.7m（初期堤防高の 42%喪失）、右岸で 1.9m（47%）減少している。特に軟弱粘土層の厚い右岸で沈下量が大きくなっているが、内閣府等における浸水被害予測で用いられる堤防高 75%喪失にまでは至らない可能性があることがわかった。

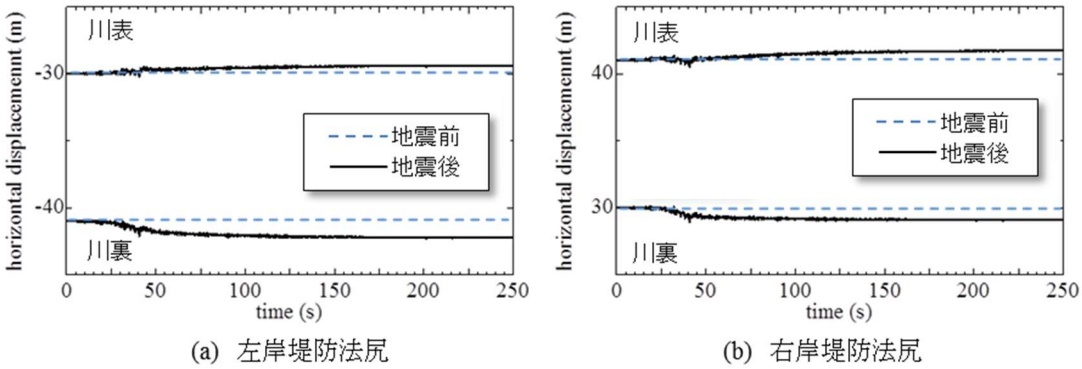


図３－２－③－23　堤防法尻の水平変位（No.1 地点、L2 地震動）

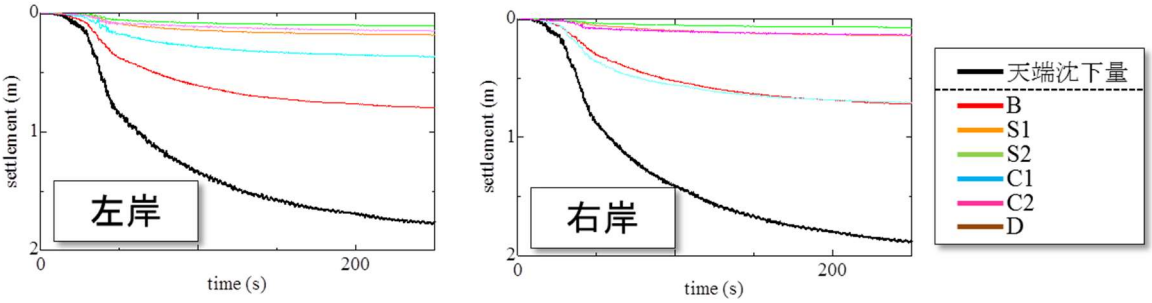


図３－２－③－24　堤防中央部における沈下量（No.1 地点、L2 地震動）

(d) 結論ならびに今後の課題

本業務の結論を述べる。現地調査結果を踏まえて、碧南市蜆川の中流域および下流

域の現況の河川堤防を、矢板を考慮する形でモデル化し、L1 地震動および L2 地震動に対する地震時地盤変状予測を実施した。本解析で想定した L1 地震動の場合、表層の砂質土は液状化を示すものの、堤防の沈下量は No.4 地点・No.1 地点ともに堤防高の20%弱と小さく、地震時に安定を保つ。一方、L2 地震動の場合は、堤防の沈下量は 36%～50%程度と L1 地震動に比べて大きくなる。最大加速度が大きいことに加えて、継続時間が長く、長周期成分を多く含むため、偏荷重を受けている堤防直下の軟弱粘性土層が乱されて剛性を失い、大きな地盤変状が生じた。なお、No.4 地点・No.1 地点ともに、L1 地震動と比べて L2 地震動の方が堤防沈下量は大きくなるが、内閣府が浸水被害予測で用いる堤防高 75%喪失にまでは至らない可能性があることが確認された。

新潟地震（1964）やアラスカ地震（1964）で、砂質地盤の液状化被害が注目されて以降、粘性土地盤は地震被害が発生しない／考えなくてよいとされてきた。粘性土は N 値ゼロの場合や砂／シルト分を多く含む場合でさえ、「粘性土」と分類された途端、その地盤の地震被害は発生しない／考えなくてよいとされ、粘性土は事実上「弾性体」としてモデル化されてしまう。本解析では、L1 地震動では健全性を保っていた河川堤防が、L2 地震動のように長周期で長時間の揺れが続くと、堤防直下の偏荷重を受けている場所で軟弱な粘性土が乱され、地震中の揺すりこみ沈下が発生することを示した。このように、細粒土であっても、特に比較的粒径の大きいシルト分が支配的で、N 値が小さく軟弱な状態にある粘性土層では大きな揺れによる地震被害に注意が必要であることを示唆している。

(e) 引用文献

1) Asaoka、A.、T. Noda, E. Yamada、K. Kaneda and M. Nakano、An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils、*Soils and Foundations*、Vol 42. No.5、pp.47-57、2002.
2) Noda, T.、A. Asaoka and M. Nakano、Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-clay model、*Soils and Foundations*、Vol.48、No.6、pp.771-790、2008.
3) 愛知県、
http://www.pref.aichi.jp/bousai/2014higaiyosoku/2014higaiyosoku.htm
4) 碧南市、
http://www.city.hekinan.lg.jp/soshiki/shiminkyoudou/bosai/6/1067.html
5) 国土交通省、レベル 2 地震動に対する河川堤防の耐震点検マニュアル、2012.
6) 愛知県、平成 28 年度緊急防災対策河川工事の内地質調査業務委託(堤防耐震対策)報告書、2017.
7) 内閣府、南海トラフの巨大地震モデル検討会、
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/
8) 福井優太、倉田和己、平井敬、福和伸夫: 仮想現実技術と振動台を組み合わせた超高層建物の地震応答体験環境の構築、日本建築学会 2017 年度大会学術講演梗概集 2017（構造 II）pp.407-408、2017.

9) 国土交通省国土技術政策総合研究所、
http://www.ysk.nilim.go.jp/kakubu/kouwan/sisetu/sisetu.html

④建物被害

(a) 業務の要約

大規模地震災害時の地域対応において影響の大きい市庁舎等の重要構造物を想定し、強震観測による応答・被害予測の検討を行った。モデル地域の市庁舎（10 階建て SRC・S 混合構造、杭基礎）について、地震観測記録に基づく詳細な振動特性評価を行った。

(b) 業務の成果

1) 南海トラフ地震の被災地域に立地する庁舎建物の地震時振動特性評価

a) 背景と目的

2016 年４月 14 日及び 16 日に発生した熊本地震では、宇土市、益城町をはじめ熊本県内の７つの自治体で庁舎の損壊等による機能移転を余儀なくされた。このため災害対応に支障を生じる結果となり、復旧・復興への影響も大きく、庁舎建物の耐震対策の重要性を改めて知ることとなった。最近建設される庁舎・病院等の重要建物には免震が採用されるケースが増えているが、上記の被災建物はいずれも中低層 RC 造耐震構造であり、このような一般的な建物の応答・被災の想定に向けた検討が必要である。

ここでは実在する愛知県内の自治体庁舎を対象として、南海トラフの地震に対する被害予測のため、多点同時の地震観測を行い、中小地震時の建物の詳細な振動特性を把握した。

b) 対象建物と地震観測の概要

写真３－２－④－１に建物外観を、表３－２－④－１に建物概要、図３－２－④－１に断面図を示す。当該建物は 2000 年１月竣工で、地上 10 階（塔屋８～10 階）、地下１階、最高高さ 59.9m、建物高さ 32.9mである。構造種別は柱が SRC 造、大梁は SRC 造と S 造を併用した混合構造である。平面形状は地下階～３階が 64.8m ×54.5m（東西方向×南北方向）、３～７階は 64.8m×18.5mであり、南北方向でセットバックしている。８～10 階にあたる搭屋は東端にあり、それ以外の７階屋上には S 造の屋根型構造が載っている。１階以上は両方向ともラーメン構造で、東西方向では地下１階から７階まで９スパン、南北方向では地下１階から１階までが５スパン、２階が３スパン、３～７階は１スパンとなっている。また２階に 21.6m×18.5m、３階に 36m×18.5m、８階に 14.4m×18.5mの吹抜がある。階高は地下１階が６m、１、２階は５m、３～６階は 4.25m、７階は 4.5mである。基礎は、杭径 1300～2000φ の杭 72 本の場所打ちコンクリート杭による杭基礎構造である。

図３－２－④－１に示したように、地震計は１階と９階の２か所に設置した。９階はエレベーター機械室であるため、ノイズの影響に配慮して、トリガーレベル（2Gal と５Gal）の異なる２台の地震計を設置した。なお、当庁舎には地表位置(GL)に震度計が設置されており、この観測記録も分析に用いることとしている。観測は、2017 年 12

月より開始した。

c) 地震観測記録の分析

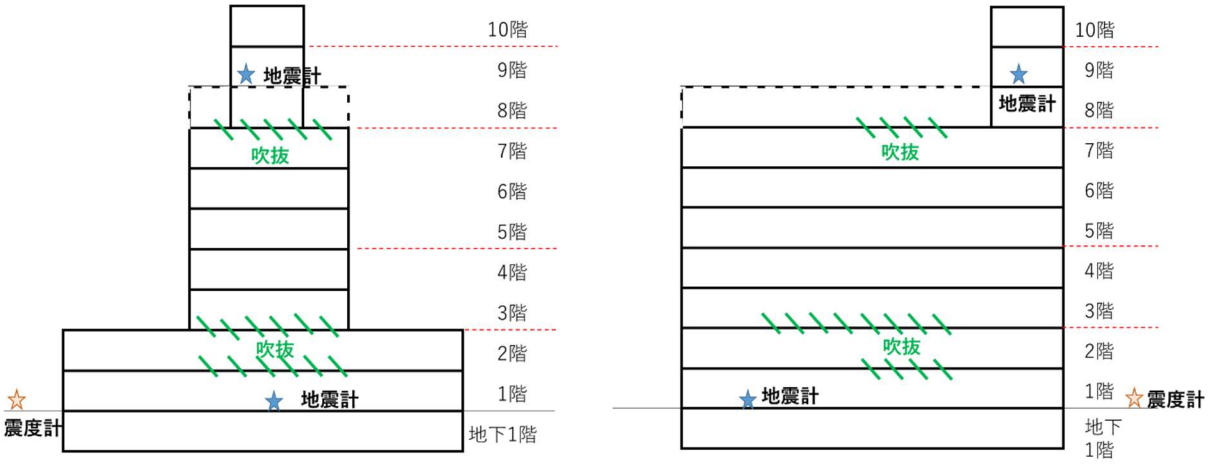
表３－２－④－２に観測開始時点より 2019 年３月 25 日までに記録された地震の諸元を示す。表に示したように、観測開始から、９地震が観測されている。ただし、2018 年 10 月 14 日以降の地震については、震度計の記録が未回収であるため、今後回収し、分析を進めることとしている。また、表中に「×」で示しているが、地震によっては最大加速度がトリガレベルに達しなかったため、記録が得られていない地震計もある。対象建物で観測された地震の震源と最大加速度分布図（http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/）[1)]を図３－２－④－２に示す。図中の★は震央、○は対象建物位置である。観測された地震は、愛知県内、およびその周辺で発生した地震が５地震、紀伊水道の地震が３地震、及び大阪府北部の地震である。ただし、地震①～③は、震源深さが６km～13km と他に比べると浅い。また、碧南市の計測震度は０～３で、半数以上が１ないし２で地震動としては比較的小さい。

以降では、①～③の３地震について詳細な分析を行った。３地震のうち、２地震（①、②）は、愛知県内で発生しており、震央、震源深さがほぼ同じであるがマグニチュードが②の方が大きい。もう１つの地震（③）は、2018 年の大阪府北部の地震である。これらの地震に対する碧南市の震度は２～３であった。

写真３－２－④－１　観測対象とした庁舎建物の外観（南側より）

表３－２－④－１　計測対象建物の概要

面積：	建築面積　4,524.29 ㎡、　延床面積　18,008.59 ㎡
階数：	地上 10 階（搭屋 8～10 階）、地下１階
高さ：	最高高さ 59.9m、　建物高さ 32.9m
基礎：	杭基礎、基礎深さ（基礎版）GL-10.9m
重要度係数：	1.5（目標値 2.0）
地盤種別：	第２種地盤
竣工：	2000 年１月



(a)　南北断面図　　(b) 東西断面図

図３－２－④－１　対象建物の断面図、地震計（及び震度計）の位置

表３－２－④－２　対象建物で観測された地震の諸元と記録が得られた地震計

	発生日	時間	震央地名	北緯	東経	深さ	震源との距離	規模	最大震度	碧南市の震度	G L	1階	9階	9階
	y.m.d	h:m		度	度	km	km	M					2gal	5gal
①	2018.04.14	10:36	愛知県西部	34.825	137.127	6	13.2	3.6	3	2	○	×	○	○
②	2018.04.14	15:13	愛知県西部	34.823	137.127	6	13.3	4.5	4	3	○	×	○	○
③	2018.06.18	7:58	大阪府北部	34.843	135.622	13	128.6	6.1	6弱	2	○	○	○	○
④	2018.08.14	20:51	静岡県西部	34.752	137.497	37	59.0	3.9	3	1	○	○	○	○
⑤	2018.10.07	10:14	愛知県東部	35.037	137.573	42	67.6	5.0	4	2	未	○	○	○
⑥	2018.11.02	16:54	紀伊水道	33.695	135.195	50	219.8	5.4	4	1	未	×	○	○
⑦	2018.11.05	8:19	紀伊水道	33.727	135.283	45	210.4	4.6	3	-	未	×	○	×
⑧	2019.03.09	1:08	岐阜県美濃中西部	35.4	136.7	40	75.7	4.5	4	1	未	×	×	○
⑨	2019.03.13	13:48	紀伊水道	33.8	134.9	50	234.9	5.2	4	1	未	×	×	○

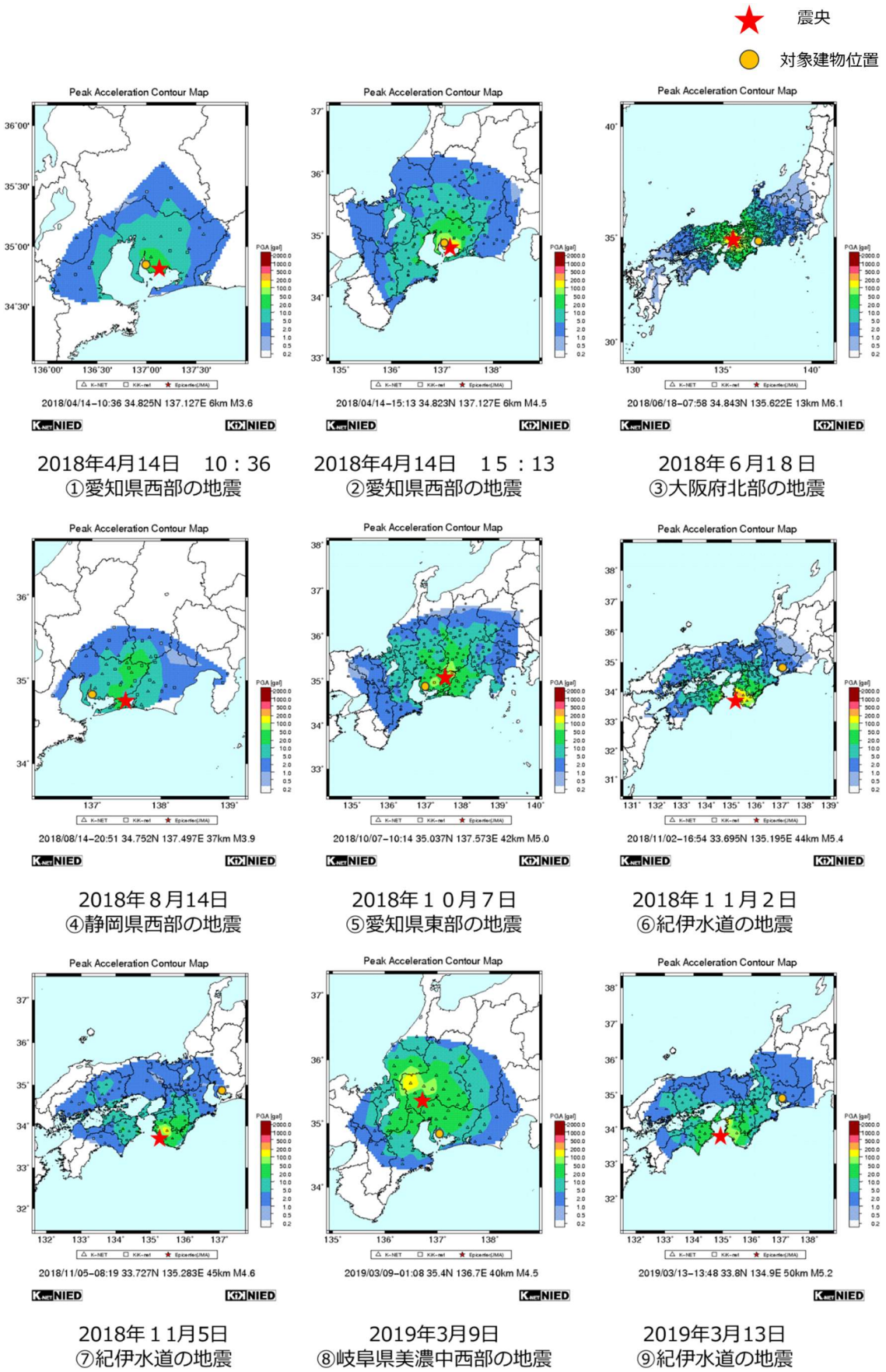


図３－２－④－２　対象建物で観測された地震の震源と最大加速度分布図 1)

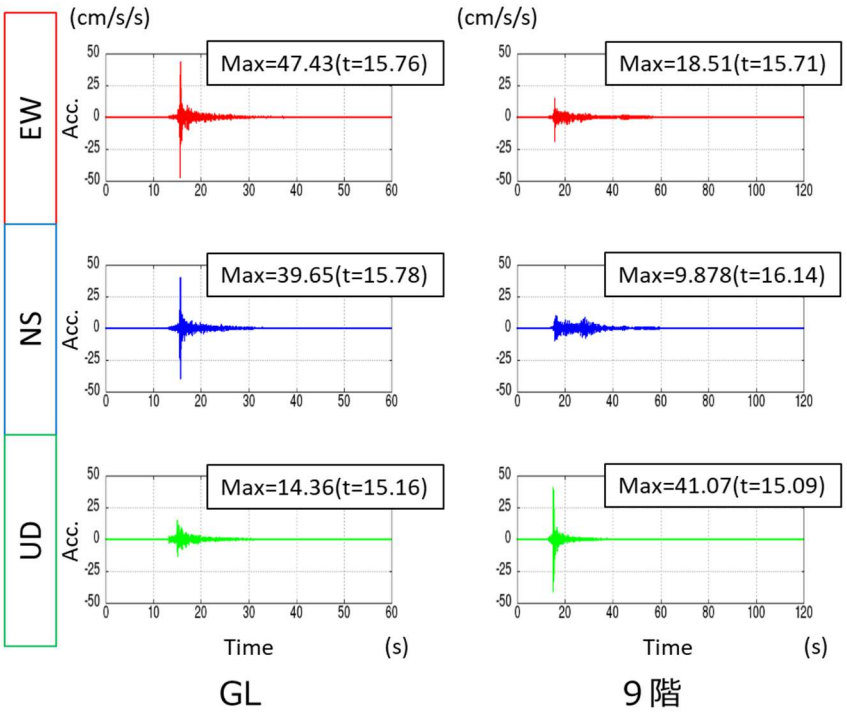


図３－２－④－３　観測された加速度波形（①愛知県西部の地震）

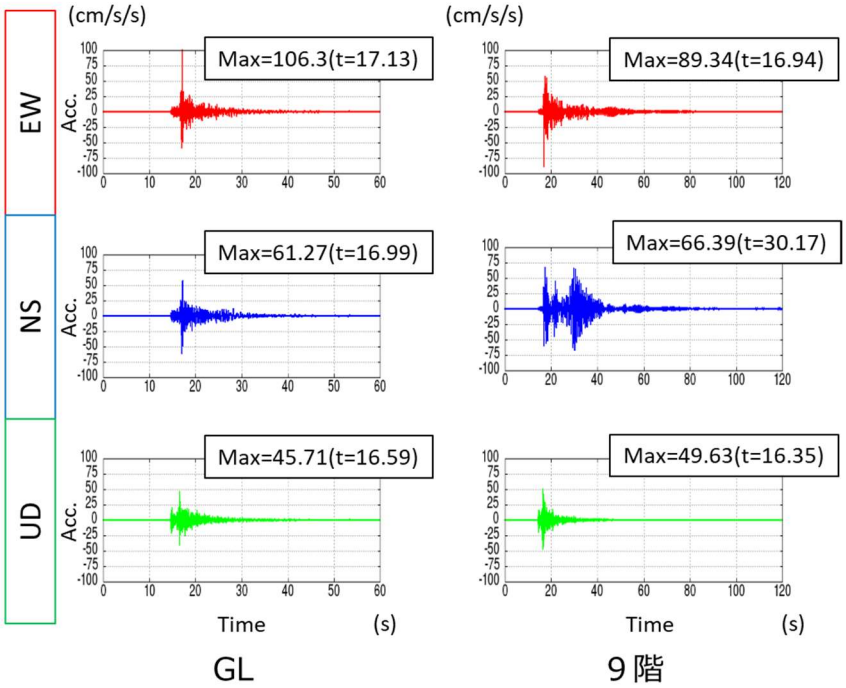


図３－２－④－４　観測された加速度波形（②愛知県西部の地震）

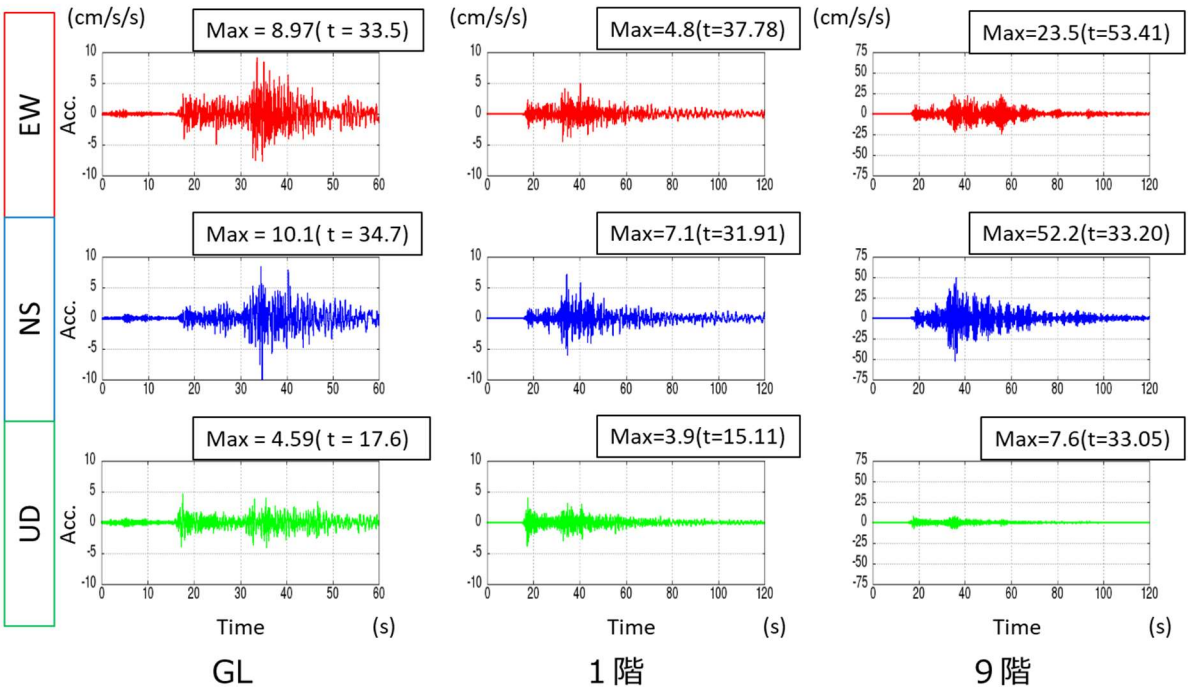
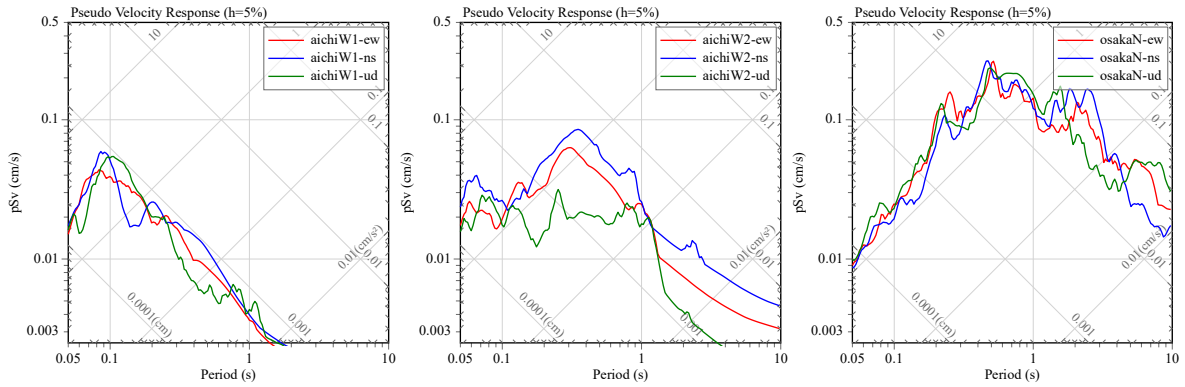


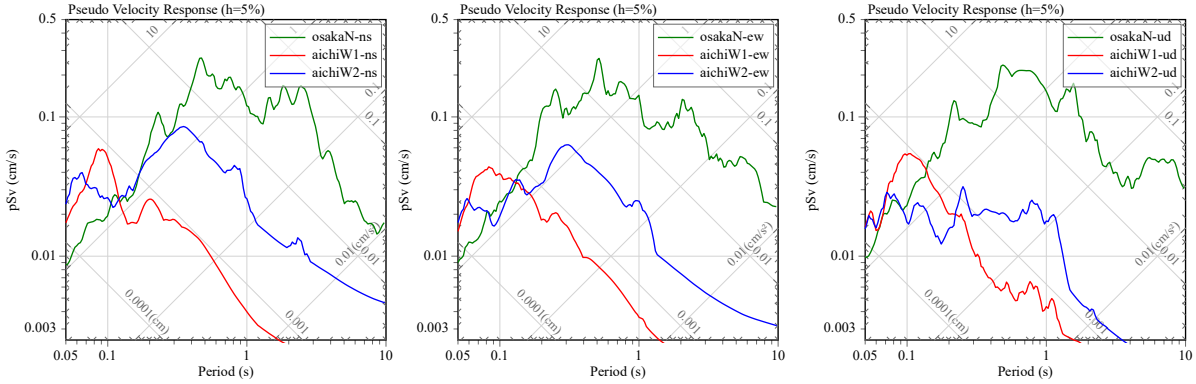
図３－２－④－５　観測された加速度波形（③大阪府北部の地震）

図３－２－④－３～５に各地震で観測された加速度波形を示す。地震①については、図３－２－④－３から、水平２方向については、最大加速度が地表に比べて９階で低減しており、地盤―建物間の入力損失効果が認められた。その一方で上下成分については、明確な効果は認められなかった。地震②については、、図３－２－④－４から、特に EW 方向では明瞭な入力損失効果が認められるものの、地震①に比べるとその効果は相対的には小さい。同じ場所で発生した地震であるが、マグニチュードの違いにより発生した地震波の振動数特性が異なっていたことが考えられる。地震③については、図３－２－④－５から、地震①、②と異なり、１階で加速度が若干低減しているが、９階は、特に水平動で地表に比べて大きく増幅していることわかる。また、遠方の浅い場所で発生した地震であることから、継続時間も地震①、②と比べて、特に建物内で非常に長くなっている。図３－２－④－６、及び図３－２－④－７に、地表で観測された加速度波形から算定した擬似速度応答スペクトル（減衰５％、地震別）及び擬似速度応答スペクトル（減衰５％、方向別）を示す。いずれも最大加速度で基準化している。図３－２－④－６において、②と③を比較すると、③については、上下と水平方向でスペクトル形状が非常に似ており、マグニチュードが大きく、かつ観測からやや離れた地震であることから、①，②に比べて、表面波が多く含まれた記録が得られたと推測される。一方、図３－２－④－７において、成分別で比較すると、マグニチュードが大きい地震ほど、特に水平成分の卓越周期が長周期化するともに、速度振幅が大きくなることが分かる。さらに、②と③を比較すると、遠方でマグニチュードが大きい地震では、卓越周期がさらに長周期化するともに速度振幅が大きくなっている。以上から、同程度の震度であっても、



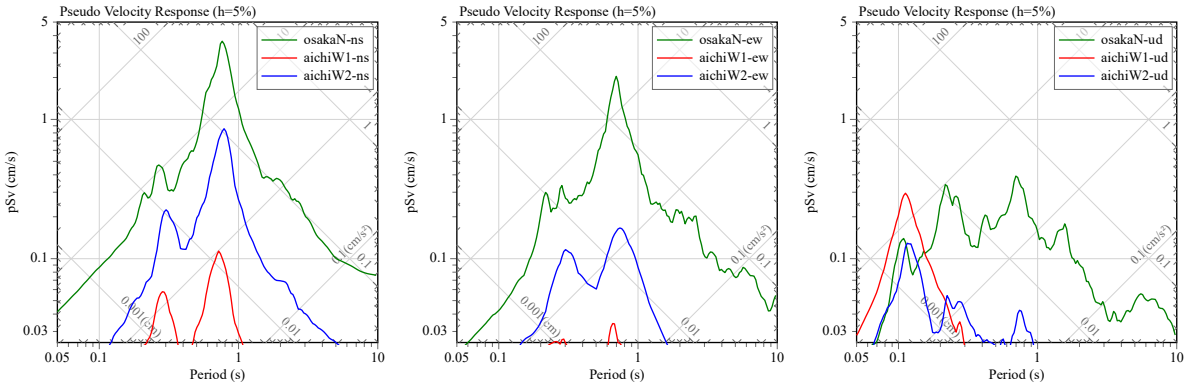
①愛知県西部の地震　　②愛知県西部の地震　　③大阪府北部の地震

図３－２－④－６　観測された加速度波形から算定した擬似速度応答スペクトル（減衰 5%、地表、地震別、最大加速度で基準化）



①NS 成分　　②EW 成分　　③UD 成分

図３－２－④－７　観測された加速度波形から算定した擬似速度応答スペクトル（減衰 5%、地表、成分別、最大加速度で基準化）



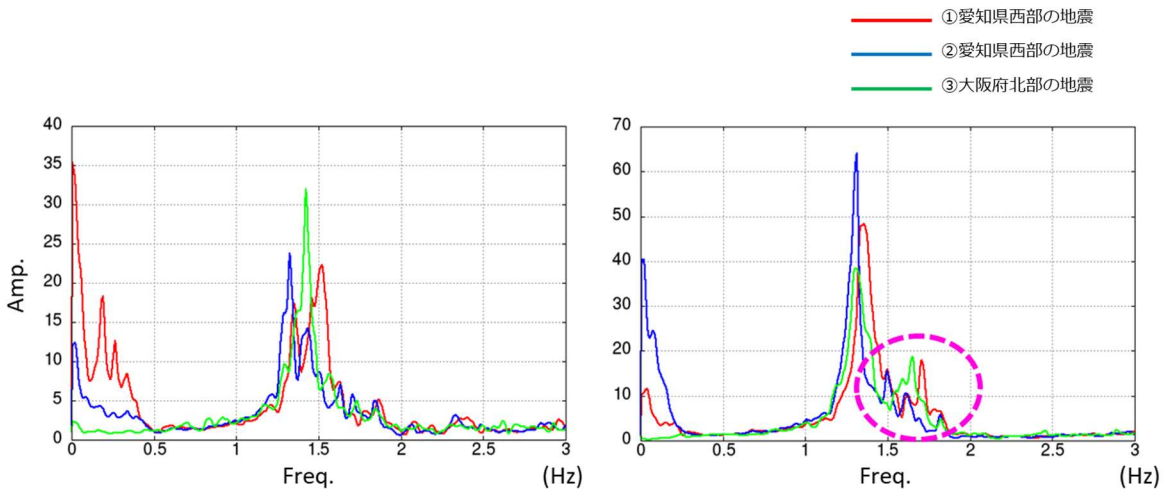
①NS 成分　　②EW 成分　　③UD 成分

図３－２－④－８　観測された加速度波形から算定した擬似速度応答スペクトル（減衰 5%、9 階、成分別、最大加速度で基準化）

地震規模や発生場所等によって、建物に入力される地震動特性は大きく異なることが明らかとなった。今回、常時微動計測による本対象建物の一次固有周期はNS方向で約0.7秒、EW方向で約0.6秒であることを考慮すると、地表最大加速度が同じ場合でも、①や②のタイプよりも③のタイプの地震の方が、上部建物がよく揺れる可能性があることが分かる。図３－２－④－８に９階における観測記録をそれぞれ地表の最大加速度で基準化した波形から算定した擬似速度応答スペクトル(減衰５%)を成分毎に示す。この計算では、基礎構造による入力損失効果が含まれていることに注意が必要である。この結果からも、上述の傾向が表れていることが分かる。なお、ここではあくまで地殻内地震だけを扱った検討であることに留意が必要である。

図３－２－④－９に、地表に対する９階の伝達関数（水平２方向）について、３地震を重ねて示す。また、表３－２－④－３に伝達関数から推定した建物の固有振動数、減衰定数を９階の最大加速度応答をまとめて示す。また、表３－２－④－４は建物の固有振動数、減衰定数の常時微動と地震記録での比較である。これらの結果から、微動計測結果による建物の固有振動数がもっとも高く、９階の水平方向の加速度応答が大きい地震ほど低振動数化している傾向が認められる。また、地震観測からもNS成分で1.5～2Hz付近にねじれ振動が表れている（桃色破線）。

図３－２－④－10 に③大阪府北部の地震における有効入力動（1F/GL）を示す。この結果から、地表の地震動に比べて１階の地震動が低振動数側から４Hzにかけて徐々に低減（１以下）しており、地下室の存在による入力損失効果が認められる。



(a)　EW成分　　(b) NS成分

図３－２－④－９　地表に対する９階の伝達関数の比較

表３－２－④－３　９階の最大加速度応答と建物の固有振動数、減衰定数の関係

	EW			NS		
地震	９階の最大加速度（cm/s/s）	固有振動数（Hz）	減衰定数（1/2ｈ）（%）	９階の最大加速度（cm/s/s）	固有振動数（Hz）	減衰定数（1/2ｈ）（%）
①愛知県西部の地震	18.5	1.52	2.24	9.9	1.36	2.81
②愛知県西部の地震	89.3	1.32	2.10	66.4	1.31	0.78
③大阪府北部の地震	23.5	1.47	1.34	52.2	1.32	0.87

表３－２－④－４　建物の固有振動数、減衰定数の常時微動と地震記録での比較

	EW		NS	
	固有振動数（Hz）	減衰定数（1/2ｈ）（%）	固有振動数（Hz）	減衰定数（1/2ｈ）（%）
①愛知県西部の地震	1.52	2.24	1.36	2.81
②愛知県西部の地震	1.32	2.10	1.31	0.78
③大阪府北部の地震	1.47	1.34	1.32	0.87
微動（８F/GL）	1.6	2.85	1.4	2.17

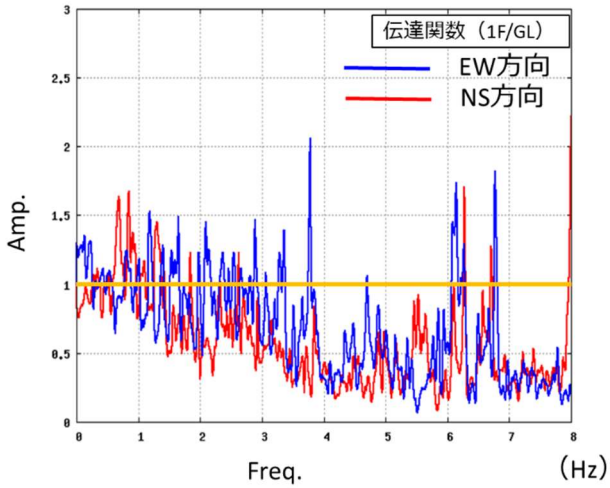


図３－２－④－10　有効入力動（1F/GL）（③大阪府北部の地震）

d) まとめ

ここでは、実在する愛知県内の自治体庁舎を対象として多点同時の地震観測を行い、中小地震時の建物の詳細な振動特性分析を行った。これより、震源特性や震源位置等によって、上部建物応答に違いが現れること、建物内の最大加速度が大きいほど建物の一次固有振動数が低振動数化する、いわゆる振幅依存性が認められること、NS 方向ではねじれ成分の増幅があること等が明らかになった。

(c) 結論ならびに今後の課題

実在する愛知県内の自治体庁舎を対象として、南海トラフの地震に対する被害予測のため、地震観測記録に基づき、中小地震時の建物の詳細な振動特性分析を行った。今後は、これらの分析結果も参考に当該建物のモデル化を行い、南海トラフ地震に対する被害予測を実施する予定である。

(d) 引用文献

1)　防災科学技術研究所：強震観測網(K-NET,KiK-net)、http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/

⑤ライフライン

(a) 業務の要約

平成 30 年度は、南海トラフ巨大地震によるライフライン被害の早期復旧についての検討を目的として、電力については、具体的な地域での電力の早期復旧におけるボトルネックについて議論するとともに、そのうちの道路について、電力復旧の観点からの道路・区間に対する優先順位付けについて検討した。また、上水道については、具体的な地域の水道網を対象に、現状の施設が被災した場合ならびにハード/ソフト対策を講じた場合の施設被害を推計し、両者の比較を行った。

(b) 業務の実施方法

本章では、電力および上水道に着目して、南海トラフ巨大地震による電力復旧方策の検討と上水道被害の推計を行った。

電力については、産官学の連携の場（プラットフォーム）を活用し、電力復旧に係るボトルネックについて議論するとともに、中でも電力復旧に不可欠な道路について、具体的な地域における電力復旧の観点から、道路・区間に対する優先順位付けの方策等について検討した。また、上水道については、昨年度までに構築した被害予測手法を活用して具体的な地域の上水道システムの被害や断水による需要者への影響を想定するとともに、別途サブテーマ 1-a で考案した各種の対策を実施した場合の減災効果について検証した。

(c) 業務の成果

1）電力

a）南海トラフ地震による電力需給ギャップ対策の方向性

前報までの考察により、南海トラフ地震発災時における電力需給シミュレーション事例について調査した結果、季節・時間帯によっては２週間から１か月程度の電力需給ギャップが生じ、需供双方によるギャップ抑制の対応が必要になることが解った。また、需給ギャップ解消のための地域連携の取組み事例として、西三河防災減災連携研究会において地域連携の現状と課題に関するワークショップを実施した結果、行政やインフラ事業者等の双方が互いに被害復旧に関する知見や対応方針を共有しておくことが重要であることがわかり、そのための産官協働で課題解決を考える枠組構築の有効性が把握できた。とりわけ、南海トラフ巨大地震のような広域災害においては、復旧リソースが限られることが明白であることから、具体的地域における組織間相互の対策方針の整合や復旧の優先順位等についての意見交換および合意形成をしておくことが有効となる。

b）電力復旧に供する重要道路の抽出検討

上述のように、膨大な復旧リソースが求められる南海トラフ巨大地震による復旧活動については、各組織間でその復旧方針や優先順位などについてあらかじめ議論しておくことが重要である。また、これら議論を進め、実効性をともなったものとするた

めには、具体的な地域を特定し、その地域の特性を踏まえるとともに、地域に根差す様々な組織が共通して抱える課題を具体的に設定することが有効となる。

前報までの平成 23 年東北地方太平洋沖地震や平成 28 年熊本地震における電力の復旧過程でも見たように、電力設備・ネットワークの早期復旧には、被災設備・箇所への人材・物資を早期に投入することが求められ、そのための道路啓開が重要となる。また、ある観点からの道路・区間への優先順位付け方策として実施した試検討からは、復旧活動のタイミング（タイムライン）によっては、要求される観点（人命救助、維持、再建など）が変化するとともに、具体的な地点で、その地域に根差したより実際的なデータを用いて検討を行うことが重要となる。

これらを踏まえ、本検討では、具体的地域として碧南市において、復旧活動に欠くことのできない重要な社会基盤である道路の早期啓開を具体的検討課題として、発災直後の電力供給の観点から、ある道路・区間等に対する優先順位付けの方策についての検討を実施した。

なお、ある道路・区間に対する優先順位付けは、発災後の限られたリソースの中での効果的な人材・資機材の投入先の選択・選定に供するだけでなく、事前対策として、その優先順位に従って順次対策を講じていくことができるなど、限られた資金の中で効果的な対策を進める上でも有意義なものと考えられる。

c）道路・区間の優先順位付けの方法および検討

道路は、主に人・モノを、ある地点（始点）から他のある地点（終点）へ運ぶために用いられ、両地点を結ぶルートは、多くの場合、複数のルートを選択することができる。発災直後などの非常時においては、始点・終点間を結ぶ複数のルートから、被災状況（通行の可否）を第一義的に加味してルートが選択されるが、平時においては、これら複数のルートの内、移動時間や通行性などから効率的なルートが選択されている。このような平時において選択される道路・区間が、非常時にも使用できるのであれば、より効率的・効果的な復旧・復興作業につながることと期待される。

本検討では、碧南市において、発災直後にも特に機能維持、延いては、電力の供給が求められる施設として、災対本部（市役所）、警察・消防に加え、碧南市地域防災計画（碧南市，2016）より、救急医療施設、下水排水機場施設、避難所施設をピックアップして（以下、「重要施設」と記す。表３－２－⑤－１～表３－２－⑤－４）、これら施設への電力供給を観点に、電力設備復旧のための人材・資機材の運搬に供するルートを平時の考え方で選択し、これら選択された多数のルートの重なり合う道路・区間を、より重要度が高い道路・区間と考え、重なり合いに応じて、優先順位付けすることとした。

災対本部や警察・消防といった公共施設や救急医療施設などの重要施設では、非常用発電機設備を導入するなど、停電への対策が進められているところもあるが、燃料の備蓄量には限界もあり、やはり、これら施設の機能が十分に発揮されるためには、商用電源の早期復旧が求められる。また、これら重要施設への電力供給を確保するためには、当該施設の受電設備だけでなく、当該設備までの電力ネットワークが機能し

なければならない。電力ネットワークでは、電力の性質として、発電所で作られた電気が送電網を介して終端利用者へ運ばれる際､電気ロス低減および公衆保安などから、発電所から終端利用者への流れの中で順次電圧を下げて届けられる。このような変圧を行う主な電力施設が変電所であり、電力供給ネットワーク全体の中でもひとつの基幹部となる。このことから、終端利用者への電力供給を確保するには、当該利用者への電力供給の基幹部となる変電所の機能維持・早期回復が、電力復旧の要となるとともに、基幹部となる変電所と当該利用者との間の配電ルートの確保が重要な一要素となる。

これらを踏まえ、本検討では、重要施設および碧南市内の各変電所を電力復旧のための人材・資機材等の運搬先（終点）として選定し、人材・資機材の運搬元となる電力設備復旧部隊の拠点（始点）を、碧南市を管轄する中部電力・刈谷営業所として選定して（中部電力 Web ページ：営業所・サービスステーション（愛知県）：https://www.chuden.co.jp/corporate/company/officelist/eigyosho/eig_aichi/index.html）ルート検索および重要となる道路・区間の検討を行うとともに、各変電所－各重要施設間についても同様の検討を行った。なお、碧南市周辺の各変電所については、住宅地図等から検索し、各重要施設と電力供給元となる変電所との関係は、各重要施設から距離的に最も近い変電所と仮定して検討を行った。

始点・終点間のルート選定については、カーナビなどで経路探索に用いられるダイクストラ法（Dijkstra, 1959）によりルートを特定した。なお、その際、高速道路・有料道路はルート検索対象から除外した。そして、各始点・終点間のルートが重なり合う部分の重複数を算定し、重複数が多い道路・区間をより重要な道路・区間として抽出した（図３－２－⑤－１）。

図３－２－⑤－１～３は、上記方法で検索されたルートのうち重複数の多い道路・区間がより太く、また青→紫→赤と着色して表示したものである。

碧南市は、東は矢作川に、西は衣浦湾に挟まれた半島の形状で、その地整的に南北を繋ぐルートが重要となることは明らかであるが、本検討（図３－２－⑤－１～２）からも、刈谷市から碧南市を結ぶ南北のルートが相対的に重要となる結果となっている。また、碧南市と刈谷市を結ぶ主な南北のルートとしては、R247、R419 があり、これらは、第一次緊急輸送路として指定されているが、ハザードとの関係を見ると、液状化危険度の比較的高いエリアを通っている。一方で、本検討結果は、比較的液状化危険度の低いエリアを通り、南北を結んでいるが、当該ルートは、大部分が刈谷市・高浜市・碧南市における第三次緊急輸送路とされているものの、高浜市・碧南市間の一部分などでは緊急輸送路とはされていない区間もある。道路というものの性質上、首尾繋がることで使いうるものである以上、このような区間がきちんと繋がり、非常時にもきちんと使いうるということには大きな意義があると思われる。

また、電力ネットワークの基幹となる変電所と重要施設との間のルートについて検討した（図３－２－⑤－３）が、これらはあくまで、電力復旧における例示的な検討と言える。それは、上記のように、変電所と重要施設との間のルートをカーナビシステムと同様に検索しているが、現実的に電気が運ばれる配電線が走るルートとは異な

っているためである。現実において、ある変電所からある終端利用者までの配電ルートは、公衆保安上、広く一般に知れ渡ることは現実的ではないし、またその必要も無い。しかしながら、非常時における現実的な機能維持や早期復旧を考える場合には、このような情報も重要なものとなることから、このような情報を扱いうる場、つまり、機微な情報も取り扱えるような信頼感を持った関係者間のみでの検討の場を構築することが重要と言える。

表３－２－⑤－１　碧南市内の医療機関（碧南市,2016 より）

※「救」…救急病院 「病床」…収容可能病床数

名称	代表者	住所	電話	診療科目	救	病床
碧南市民病院	梶田正文	平和町3-6	48-5050	内 小 精 神内 外 整 脳 眼 小外 皮泌 産婦 耳 リハ 放 麻 歯口 ア 呼	○	7床
岡村産婦人科	岡村　誠	沢渡町29	41-2726	産婦		
奥田医院	奥田雪雄	若宮町4-4	41-1025	耳		
長田医院	長田和久	源氏町4-36	42-1200	外 胃 整 皮		
長田眼科	長田三和子	源氏町4-8	41-0824	眼		
上平整形外科・内科	上平喜習	野田町52	41-4555	整 外 内 呼 ア		
加藤病院	加藤丈太郎	松本町158	41-6211	外 胃 肛 内 皮 泌 整	○	2床
神谷医院	神谷　研	中町1-51	41-0818	皮 整		
医療法人愛生館　小林記念病院	小林武彦	新川町3-88	41-0004	外 整 泌 内 麻 呼 消	○	6床
さいとう医院	齋藤圭治	雨池町1-38	41-5800	循 呼 小 外 皮		
さかべ医院	坂部　慶幸	志貴町2-86	41-1923	内 呼 消 循 小		
作塚杉浦クリニック	杉浦勇人	作塚町3-10	42-5327	内 消 外 肛 皮 リハ		
新川中央病院	安達一眞	松江町6-83	48-0009	整 脳 外 皮 内 胃 形	○	5床
SDC鈴木糖尿病内科	鈴木哲朗	東山町3-71	42-5800	内 糖		
杉浦医院	杉浦晴彦	音羽町2-6	41-0019	内		
板倉医院	板倉尚子	浅間町1-89	41-0900	小 内		
高橋医院	高橋三俊	末広町2-31	42-2333	産婦 内 小		
医療法人杉田会 にしばたクリニック	高原　理	札木町2-74	42-2000	内 胃 消 小 皮 リハ		
みどりの森クリニック	近藤浩晃	向陽町1-41	43-3773	内 循 消 小 皮 呼		
永井小児クリニック	永井　秀	栄町2-69	41-0202	小		
平岩医院	平岩堅太郎	中山町6-55	48-3434	内 循 眼		
碧南クリニック	栗田聡子	植出町1-28	48-5155	内		
堀尾医院	堀尾　静	新川町5-108	48-0633	内 外 肛		
山中従天医館	山中寛紀	東浦町2-85	41-0707	内 胃 肝		
いくた整形外科	生田　譲	中山町3-31	48-5655	整 リハ		
オオノ眼科クリニック	楡　孝子	野田町130	46-3733	眼		
小林クリニック	小林　学	立山町1-10	43-0388	内 外 呼 皮 リハ 整 小外		
原田医院	原田　公	湖西町1-50	46-3655	内 消 胃		
田中眼科	田中浩人	伏見町3-21	43-5331	眼		
耳鼻咽喉科　ふじうらクリニック	藤浦一喜	二本木町2-50	43-4567	耳 ア		
もぎ内科クリニック	茂木仁志	中山町1-25	46-6660	内 呼 ア 小		
わしづかクリニック	西中康人	旭町4-32-1	45-2535	内 循 小 ア リハ		
小町こどもクリニック	小町昭彦	三宅町1-80	46-5885	小 ア		
あおい皮フ科クリニック	三谷有史	白砂町3-27	91-7201	皮 形 ア		
エンゼルこどもクリニック	山路和孝	市沢渡町92	45-2525	小		

内…内科　婦…婦人科　消…消化器科　産婦…産婦人科　リウ…リウマチ科
外…外科　精…精神科　循…循環器科　神内…神経内科　耳…耳鼻いんこう科
眼…眼科　胃…胃腸科　泌…泌尿器科　脳…脳神経外科　皮泌…皮膚泌尿器科
小…小児科　神…神経科　呼…呼吸器科　小外…小児外科　リハ…リハビリテーション科
皮…皮膚科　放…放射線科　肛…こう門科　ア…アレルギー科　歯口…歯科口腔外科
麻…麻酔科　整…整形外科　形…形成外科　糖…糖尿病内科　肝…肝臓内科

表３－２－⑤－２　碧南市内の下水道排水機場（碧南市,2016 より）

	ポンプ場名	設置場所	口径(mm)	排水量(㎥/分)	台数	型式
1	堀川ポンプ場	塩浜町2丁目	800	81	2	横軸斜流
			1,100	162	2	立軸斜流
2	源氏町ポンプ場	源氏町1丁目	500	40	1	水中ポンプ
3	汐田町ポンプ場	汐田町1丁目	350	20	1	水中ポンプ
4	一ッ橋ポンプ場	岬町2丁目	1000	133	4	立軸斜流
5	新川ポンプ場	新川町6丁目	800	72	1	立軸斜流
			350	18	1	立軸軸流
6	吹上ポンプ場	吹上町4丁目	400	25	2	水中ポンプ
			500	36	1	水中ポンプ
7	権現ポンプ場	権現町4丁目	400	25	1	水中ポンプ
8	雨池ポンプ場	雨池町2丁目	1,000	150	5	立軸斜流
9	伏見屋排水機場	雨池町2丁目	800	69	2	横軸軸流
			500	25	1	横軸軸流
			1,350	250	1	横軸軸流
10	平七ポンプ場	平七町5丁目	600	45	2	ゲートポンプ
11	陣屋ポンプ場	湖西町5丁目	700	58	2	ゲートポンプ

表３－２－⑤－３　碧南市の指定する避難所（碧南市,2016 より）

No.	施設名	所在地	電話	構造	面積 ㎡	収容可能人員	備考
1	新川小学校体育館	新川町2-1	41-0998	鉄筋1F	1,120	560人	
2	新川公民館	新川町2-1-1	41-2103	鉄筋2F	135	67	ホール
3	羽久手保育園	鶴見町6-17	41-1475	鉄筋2F	130	65	遊戯室
4	碧南工業高等学校体育館	丸山町3-10	42-2500	鉄骨1F	1,270	635	
5	中央小学校体育館	向陽町3-19	42-8700	鉄骨1F	1,009	504	
6	中央中学校体育館	植出町5-2	42-3223	鉄筋1F	1,368	684	
7	保健センター	天王町1-70	48-3751	鉄筋4F	105	52	ロビー
8	大浜公民館	中町1-53	42-1182	鉄筋2F	187	93	ホール
9	大浜小学校体育館	浜田町1-1	41-0990	鉄筋1F	1,177	588	
10	南部市民プラザ	塩浜町7-135	42-8211	鉄筋2F	1,158	579	アリーナ
11	棚尾小学校体育館	春日町1-5	41-0993	鉄骨1F	1,163	581	
12	棚尾公民館	汐田町2-28	41-0892	鉄筋4F	223	111	ホール
13	前浜集落センター	前浜町1-80	42-9616	鉄筋2F	348	174	大研修室
14	川口農業センター	川口町1-24-2	42-9766	鉄筋2F	272	136	大研修室
15	日進小学校体育館	日進町4-1	41-0995	鉄骨鉄筋1F	650	325	
16	日進公民館	日進町2-92	48-2678	鉄筋2F	169	84	ホール
17	東部市民プラザ	照光町5-3	46-1188	鉄骨鉄筋1B2F	1,143	571	アリーナ
18	東中学校体育館	天神町3-88	41-0994	鉄筋1F	1,135	567	
19	鷲塚小学校体育館	旭町2-30	41-0996	鉄骨鉄筋1F	925	462	
20	鷲塚公民館	旭町2-66	48-5412	鉄筋2F	170	85	ホール
21	荒子保育園	笹山町3-29	42-0138	鉄筋2F	162	81	遊戯室
22	西端小学校体育館	上町3-1	48-1542	鉄筋2F	700	350	
23	西端区事務所	半崎町3-60	48-1217	鉄筋1F	116	58	ホール
24	農業者ｺﾐｭﾆﾃｨｰｾﾝﾀｰ	神田町2-6	42-5888	鉄筋1F	711	355	
25	勤労者体育ｾﾝﾀｰ	新川町2-1-1	41-2103	鉄筋1F	720	360	
26	新川中学校体育館	新川町1-1	41-0997	鉄筋1F	1,298	649	
27	新川保育園	金山町1-27-4	41-1476	鉄筋2F	104	52	
28	碧南市文化会館	源氏神明町4	42-3511	鉄筋5F	1,250	625	
29	天道保育園	末広町2-31	41-0077	鉄筋2F	120	60	
30	南中学校体育館	春日町1-1	41-0991	鉄筋2F	1,089	544	
31	碧南市臨海体育館	浜町2-3	48-5311	鉄骨鉄筋3F	1,775	887	
32	棚尾ふれあい館	棚尾本町5-35	46-4746	鉄骨2F	149	74	
33	防災の家	鴻島町6-67	42-8566	鉄骨1F	82	41	
34	西端下区民館	油渕町1-1		鉄骨1F	206	103	
35	西端保育園	札木町3-202	42-2566	鉄筋2F	126	63	
合　計					22,465	11,225	

表３－２－⑤－４　碧南市・福祉避難所（碧南市,2016 より）

No.	福祉避難所名	住所(碧南市)	電話番号	受入人数(人)	受入場所
1	特別養護老人ホーム川口結いの家	川口町1-178	46-5210	6	地域集いの部屋(1F)
				6	ﾚｸﾚｰｼｮﾝﾙｰﾑ(4F)
2	特別養護老人ホームひまわり	鷲林町4-109-1	41-0865	20	地域交流ｾﾝﾀｰ(1F)
3	特別養護老人ホームシルバーピアみどり苑	油渕町3-50	48-7111	6	機能訓練室(1F)
4	ふれあい福祉園ガイア	中山町1-7	48-3980	20	生活指導室、会議室2室、ﾌﾟﾚｲﾙｰﾑ、廊下の一部(全て2F)
5	碧南ふれあい作業所	中山町1-16-1	46-2941	40	室内運動場(3F)
6	あおみJセンター	相生町4-110	46-8295	4	作業室(1F)
7	碧南市養護老人ホーム	鷲林町4-109-1	41-0895	2	集会室・食堂(1F)

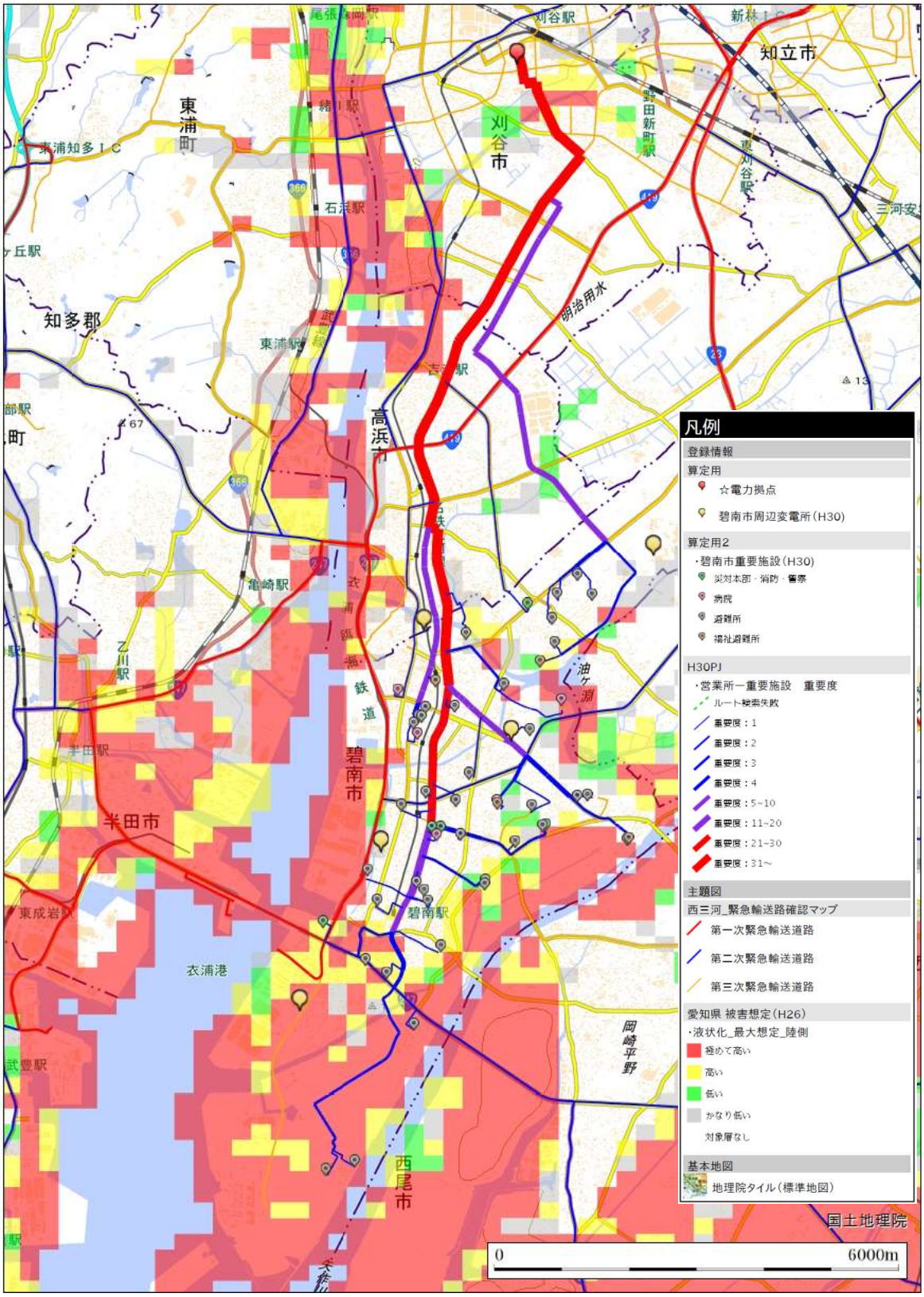


図３－２－⑤－１　碧南市周辺における検討結果①（営業所－重要施設）

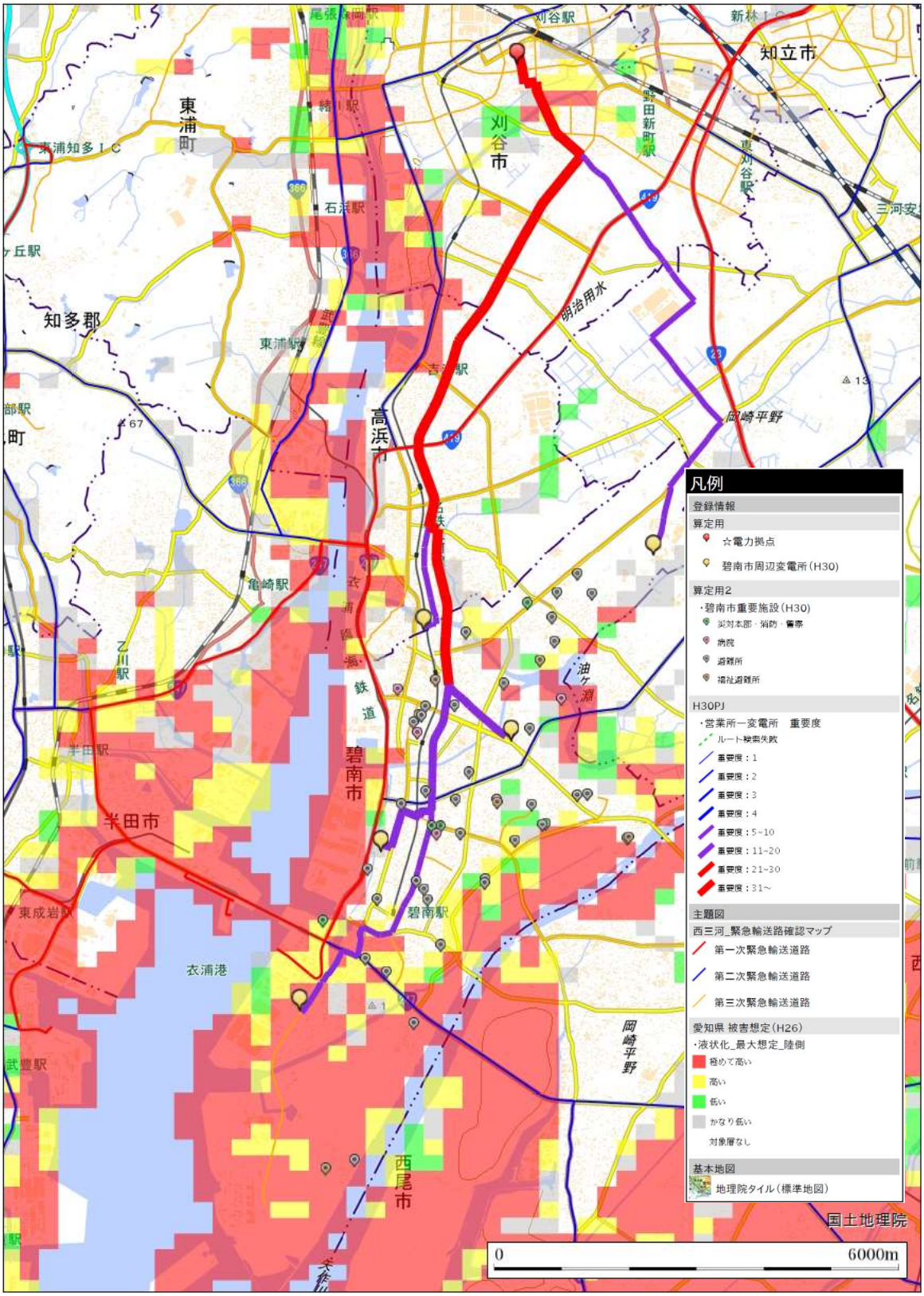


図３－２－⑤－２　碧南市周辺における検討結果②（営業所－変電所）

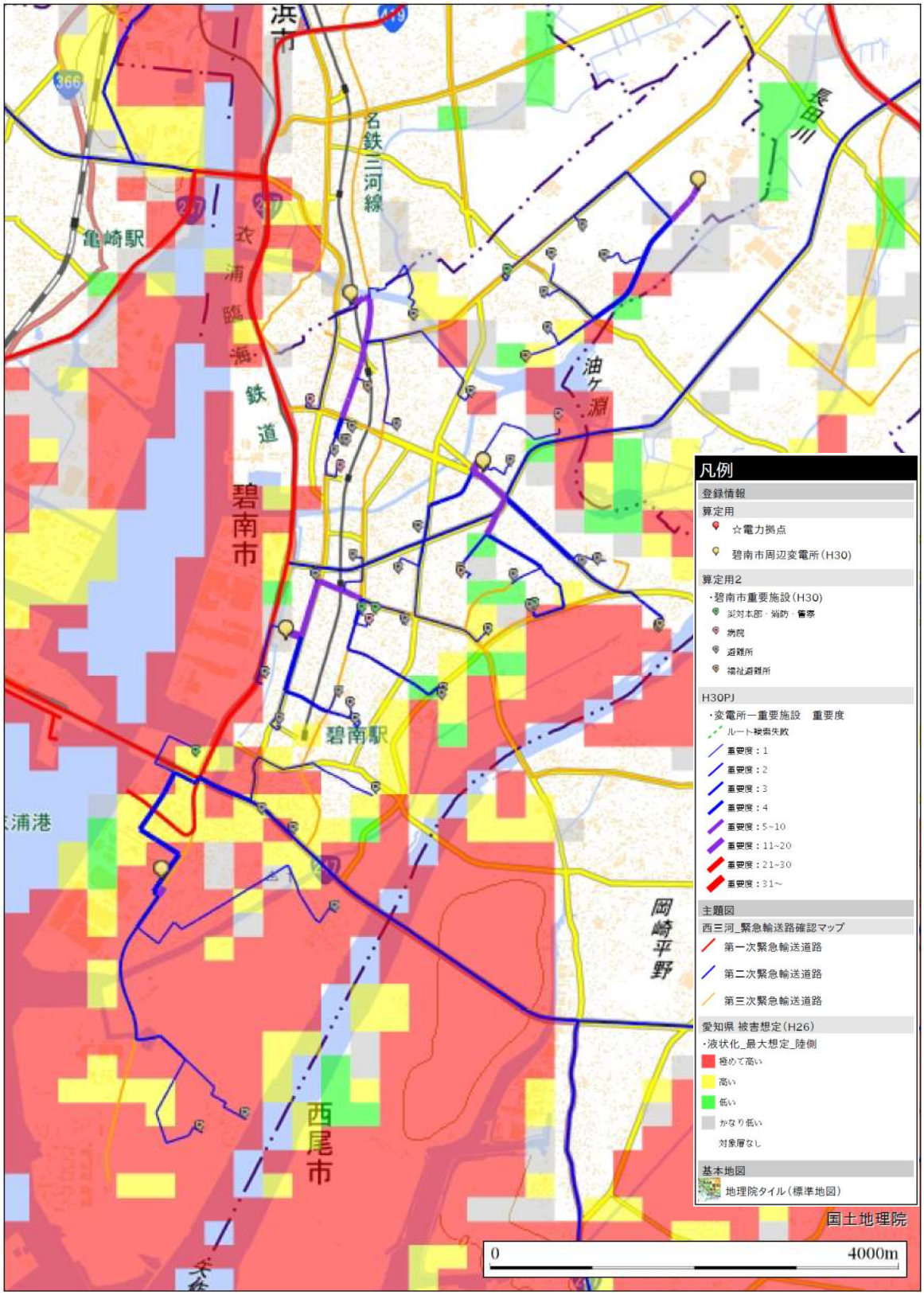


図３－２－⑤－３　碧南市周辺における検討結果③（変電所－重要施設）

2) 上水道

a) はじめに

地震による上水道システム被害（断水の発生）を想定する手法として、「南海トラフ巨大地震対策検討ＷＧ」の最終報告(内閣府、2013)における上水道の被害想定手法がある。この手法では、上水道の被害量に影響する要素として、水道管の諸元（管種や口径等）や、津波や停電による浄水場の停止等が考慮されているが、簡易的な予測に留まっている。本研究は、水供給システムの特徴である連続性（取水～浄水～送配水に関わる施設・管路等の全ての設備が無被害で供給可能）や、ネットワーク（隣接市町村や他系統からのバックアップ等）等を考慮した、上水道被害想定手法の高度化を目指すものである。

平成 25、26 年度では、上述した内容を含む、国および自治体の上水道被害想定手法が抱える課題を明らかにし、それらを克服する高度化した被害想定手法の構築を試みた。平成 27 年度は、構築した被害想定手法を用いて、愛知県内のある市町村を対象に、南海トラフ巨大地震時における上水道設備の被害想定および復旧予測を実施した。これらの検討を通じ、浄水場や配水池等の構造物や上流側の施設にもたらされる被害を考慮した、より正確な被害予測が可能となった他、断水による需要者への影響を定量的に評価することが可能となった。平成 28 年度では減断水による影響を水の需要者の視点で評価すべく、仮想評価法（CVM）を用いた環境の金額的評価を実施した。

上記の検討に加えて必要となるのが、被災による施設被害や需要者への影響を低減するための減災計画策定に資する知見である。平成 29 年度では、実際の水道事業体（碧南市水道課）と議論・考案した減災対策のうち、管路や施設の耐震化をはじめとする各種ハード対策を講じた際の減断水の低減効果について検証した。

本年度業務では主に、応急給水栓の効率的な運用、被災した管路の効率的な復旧、市民に水の備蓄を促す啓発活動等のソフト的対策がもたらす減災効果について明らかにする。

b) 検討対象の減災対策案と本年度の取り組み範囲

サブテーマ 1-a にて考案（詳細は、同サブテーマの報告書を参照）した碧南市水道の減災対策案と、1-b でシミュレーションを行う年度について表３－２－⑤－５の通り整理する。なお、サブテーマ 1-a の今年度業務では、上水道システムの復旧シミュレーションのインプット条件である運搬給水車の稼働台数、ならびに管路修繕班の組数について見直しを行っている。それに伴い、昨年度検証した Case0～Case4 についてもこれらの条件下で再度シミュレーションを実施していることを補足する。

表３－２－⑤－５　碧南市水道事業における減災対策案（サブテーマ 1-a）で考案）

想定した対策		サブ 1-b）検討年度	前提条件
なし（現況）	Case0	H29※	2 つの配水拠点の内、主要な第 2 配水場のみ耐震性あり、の条件
市独自の施設整備	Case1	H29※	第 2 配水場に加えて、第 1 配水場を耐震化した場合
	Case2	H29※	第 1 配水場の有効貯水量を、5,500 ㎥から 1 万㎥に増量した場合
	Case3	H29※	小口径管路延長の大半を占める、経年塩ビ管の耐震化を実施した場合
	Case4	H29※	口径 150mm 以上の耐震化を実施した場合（昨年度報告書にて「200mm 以上」と記載したが、誤り。）
	Case5	H30	給水ブロックの細分化を実現し、細かいエリアでの給水開始や遮断が可能となった場合
連携による施設整備	Case6	H30	愛知県水道との支援連絡管や、近隣市町村行政との緊急時連絡管、応急給水支援設備を活用した場合
需要者の自助による対策	Case7	H30	水道需要者一人あたり 3L/日×3 日の飲料水を備蓄した場合
計画的復旧	Case8	H30	被害の集中するエリアで修繕に替えて仮設管路の敷設を実施した場合
	Case9	H30	仮設給水栓を早期に立ち上げた場合
	Case10	H30	市内に耐震性緊急貯水槽を設置した場合
上記対策を複数実施	Case11	H31	上記からいくつかを選択して実施した場合

※今年度のサブテーマ 1-a でインプット条件を見直し、再度シミュレーションを実施。

c）シミュレーション結果の考察

本項では、Case1～Case10 の各対策を行った場合の減災効果を、「完全復旧までの期間を短縮する効果」と「ある時点における給水水準を向上する効果」に分けて、Case0（現況）と対比しながら示す。

ｉ)完全復旧までの所要期間を短縮する効果：表３－２－⑤－６

Case3～Case5 では耐震化で管路被害の発生件数が減少し、それに伴い復旧に要する日数の短縮が認められる。一方 Case8 では被害件数は Case0 と相違ないが、仮設管路の敷設による復旧速度の向上が影響して復旧日数が短縮されていることがわかる。

表３－２－⑤－６：完全復旧までの所要期間を短縮する対策とその効果

	管路被害件数	復旧日数
Case0：現況	2,146件	123日
Case3：経年塩ビ管の耐震化	1,691件	100日
Case4：口径150mm以上の耐震化	2,000件	107日
Case5：ブロック細分化に伴う管路耐震化	2,091件	120日
Case8：仮設管路の敷設による応急復旧	2,146件	104日

ⅱ)ある時点における給水水準を向上する効果：図３－２－⑤－４～９

Case1、Case2、Case6、Case7、Case9、Case10 ではそれぞれの時点（主に発災後初期）における応急給水可能量の改善を図ることで、給水水準の増大を果たしている。

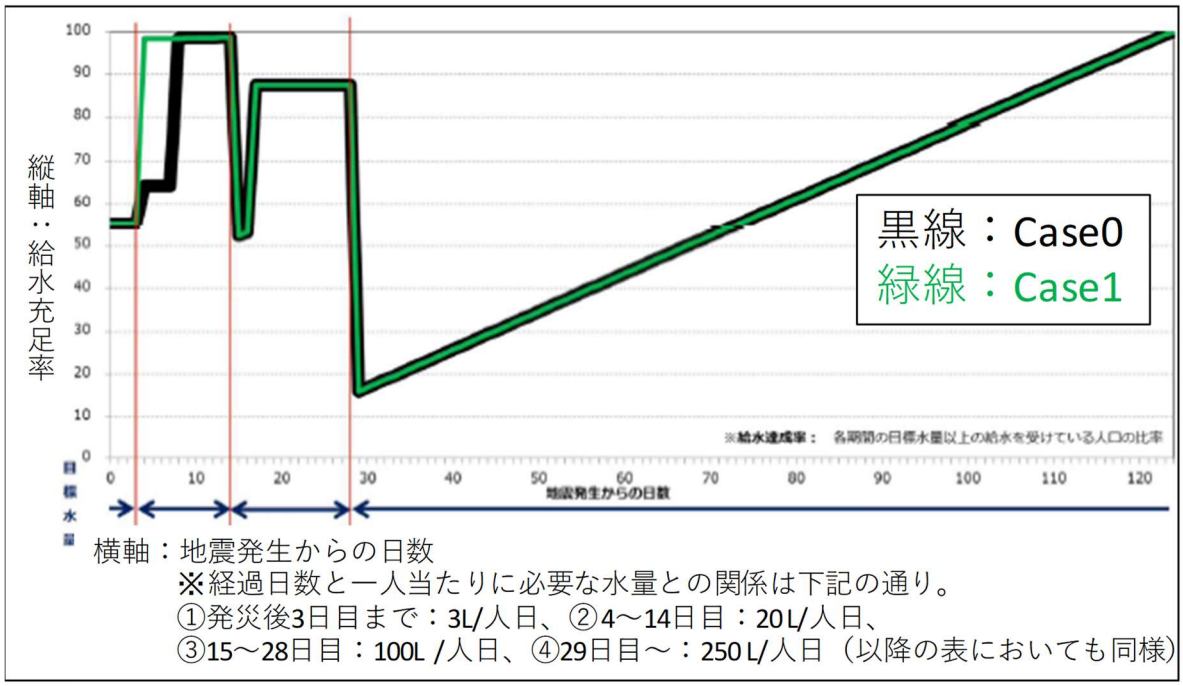


図３－２－⑤－４：Case1 実施時の給水水準増大効果

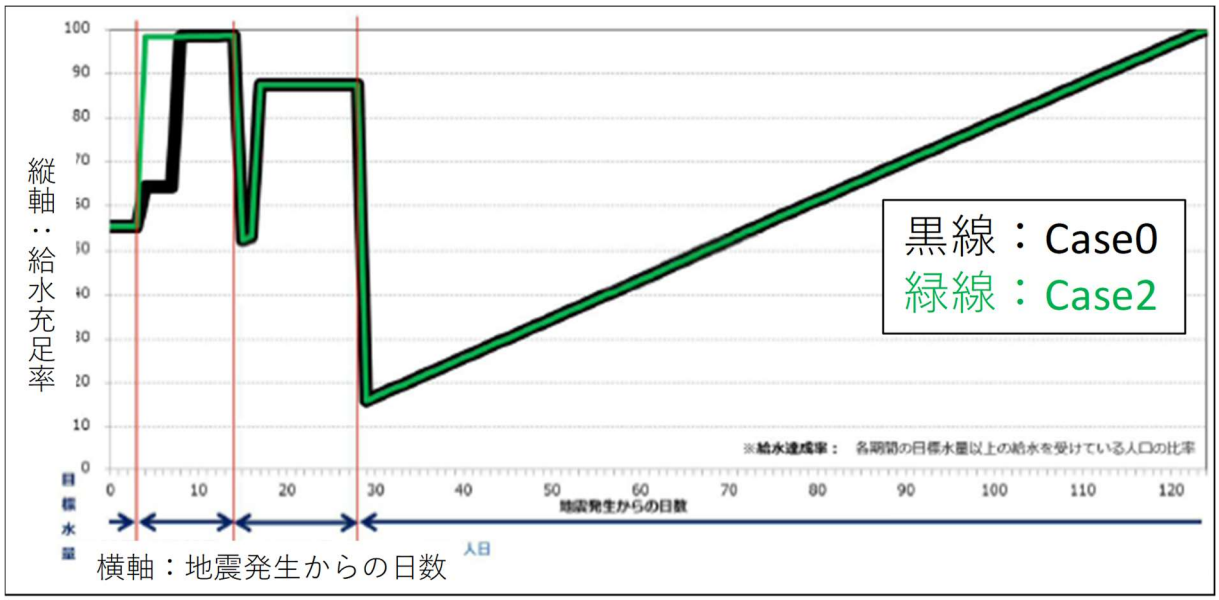


図３－２－⑤－５：Case2 実施時の給水水準増大効果

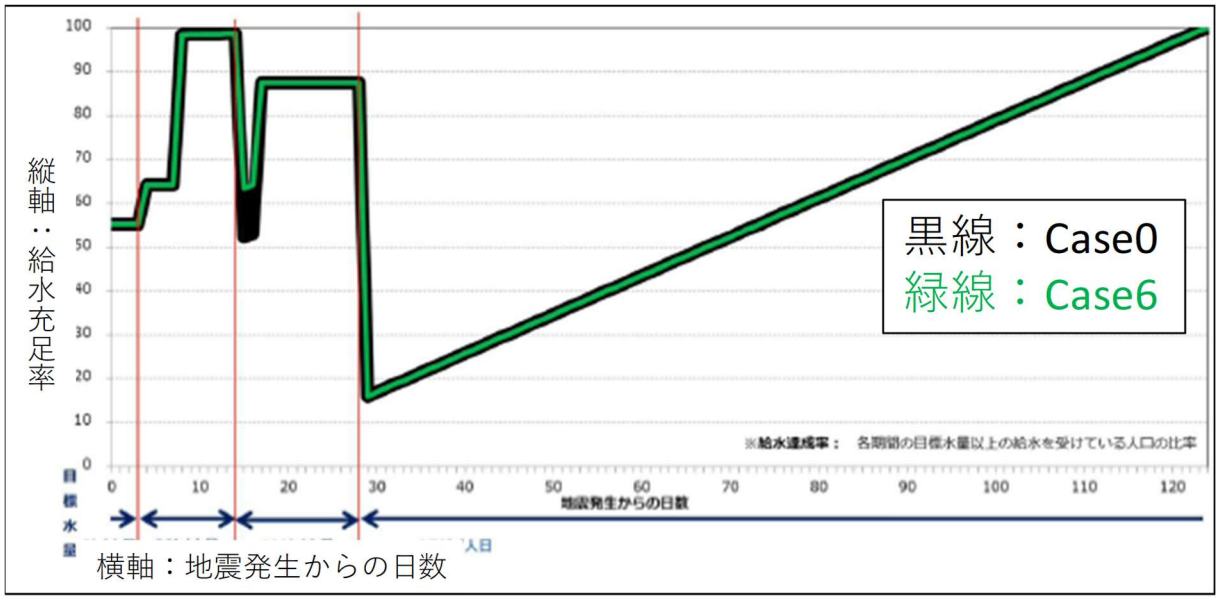


図３－２－⑤－６：Case6 実施時の給水水準増大効果

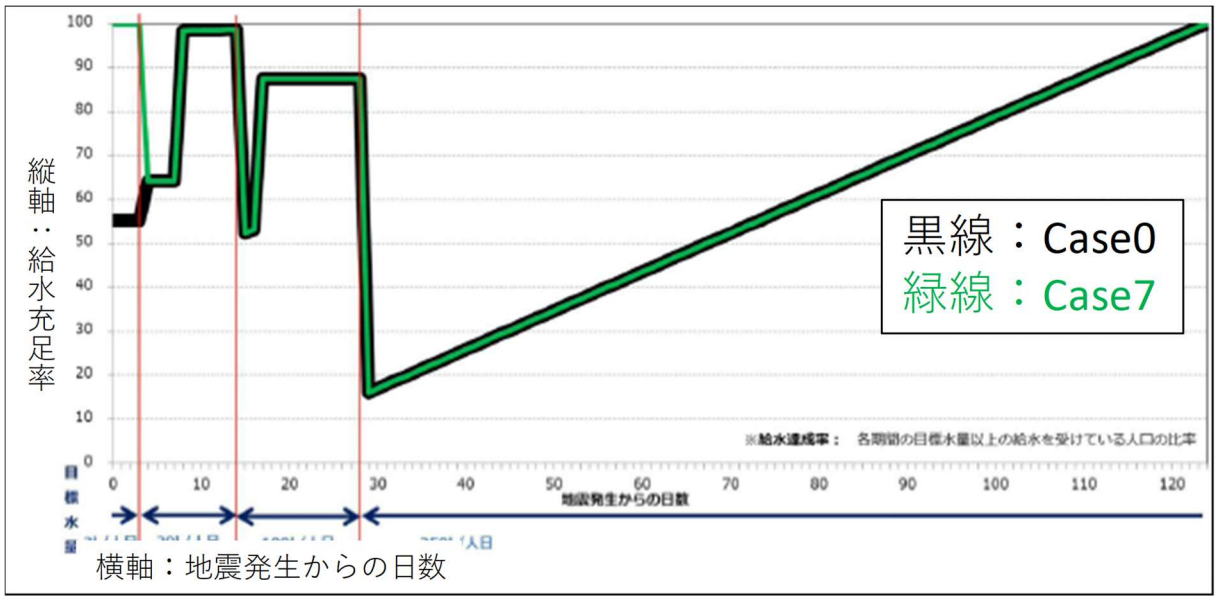


図３－２－⑤－７：Case7 実施時の給水水準増大効果

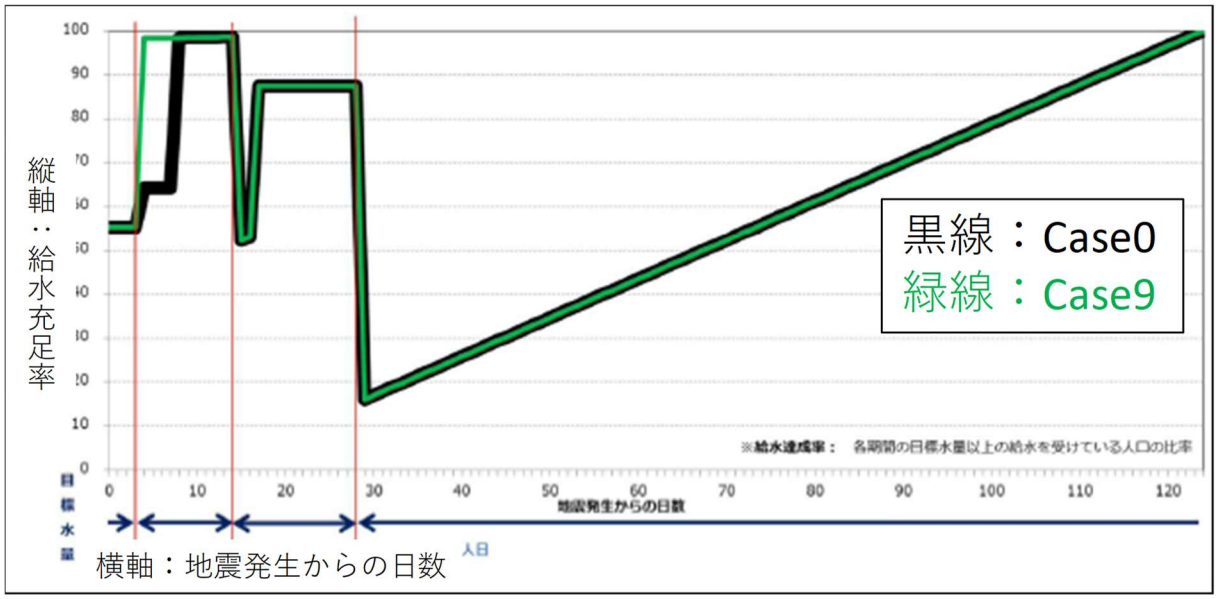


図３－２－⑤－８：Case9 実施時の給水水準増大効果

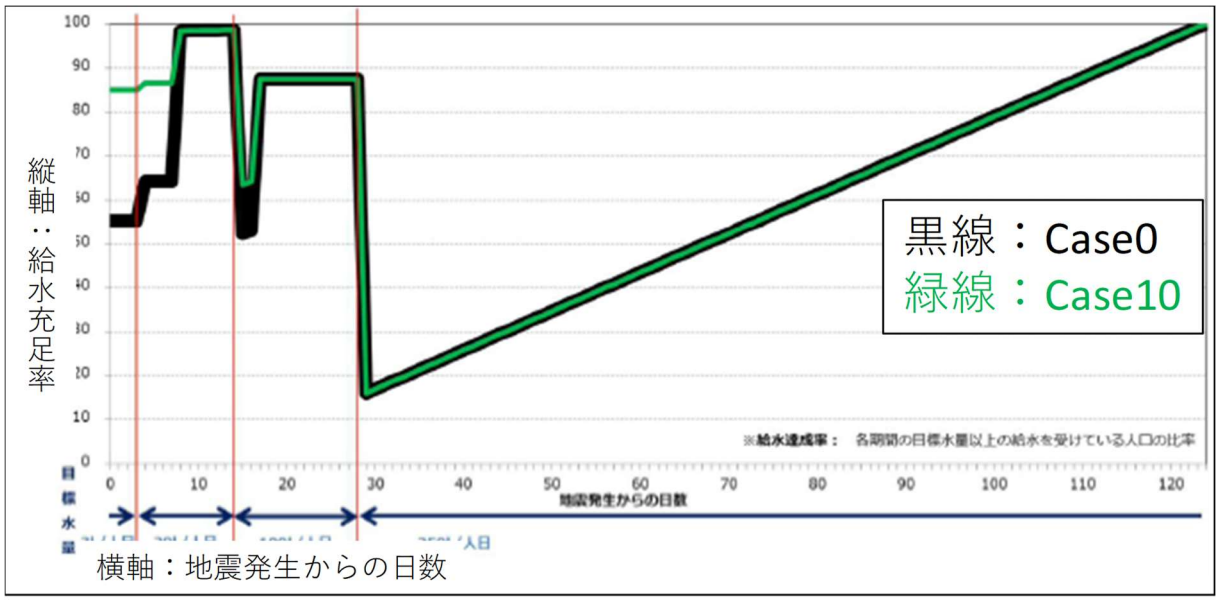


図３－２－⑤－９：Case10 実施時の給水水準増大効果

(d) 結論ならびに今後の検討方針

上記「1)電力 c) 道路・区間の優先順位付けの方法および検討」では、碧南市において、発災直後にも特にその機能維持が求められる施設への電力供給を観点に、重要な道路・区間について検討した。本検討では、災対本部や警察・消防といった公共施設に加え、救急医療施設、下水排水機場施設、避難所を対象としたが、実際の災対オペレーションとして、これらで十分か、取捨選択の如何など、実情に則したものとする必要がある。また、具体的な対象施設への配電ルートについても同様である。このような個別具体の情報は、広く一般に知られるとかえって社会的に悪影響を及ぼすこともあるが、災害対応を検討する上ではなくてはならないものでもある。そのため、このような情報を扱い得る場、つまり、機微な情報も取り扱えるような信頼感を持った関係者間のみでの検討の場を構築すること進めるとともに、そのような場で具体的情報を活用しながら検討を進めることが重要である。

また、上水道に関する本年度の検討では、Case1～Case10 までの各個の対策を講じた際の減災効果について検証し、それぞれが異なる形で減断水の低減をもたらすことを確認した。今後の検討では、これらの対策を複合的に実施した際の減災効果検証や、費用対効果を考慮した上での対策の優先順位付け等について碧南市と議論しながら取り組む。

(e) 引用文献

1) 碧南市，碧南市地域防災計画，2016, Available at: http://www.city.hekinan.lg.jp/ soshiki/shiminkyoudou/bosai/3/1061.html
2) Dijkstra, E.W.,「A Note on Two Probles in Connexion with Graphs」. *Numerische Mathematik*, Vol.1, No.1, pp.269-271, 1959.
3) 内閣府：南海トラフ巨大地震の被害想定項目及び手法の概要～ライフライン被害，交通

施設被害，被害額など～，2013.

⑥広域リスク評価

(a) 業務の要約

本業務では、発災後の災害シナリオ高度化のため、平成 29 年度に利用した応用一般均衡モデルの非製造業の産業部門を細分化するとともに、南海トラフの地震・津波が発生を想定した６つのシナリオを対象に間接被害を試算した。さらに、被災地の災害パターンについて過去の被害地震を参考に類型化する手法を検討するとともに、設定したシナリオが発生した場合を想定して検討した手法を適用して被災地の災害パターンの類型化を試行した。

(b) 業務の実施方法

間接被害予測手法の高度化は、東日本大震災の各種経済指標等を参考に、平成 29 年度に利用した８地域 23 部門の応用一般均衡モデルの非製造業を細分化した。その上で、南海トラフの地震・津波が発生した場合に、社会・経済的に厳しい状況に置かれると考えられる６つのシナリオを設定し、設定したシナリオに従って地震・津波が発生した場合の間接被害を試算した。

災害パターンの類型化は、1995 年兵庫県南部地震以降の被害地震における被災地の被害状況や当時の社会･経済状況等を調査し､被災地の特徴を示す指標値を設定した。設定した指標値を利用して類型化する手法を検討するとともに、被害地震の被災地に適用してその妥当性を確認した上で、設定したシナリオが発生した場合の被災地の類型化を試行した。

(c) 業務の成果

a) 間接被害予測手法の高度化

平成 29 年度に利用した８地域 23 部門の応用一般均衡モデルの産業分類は図３－２－⑥－１のようになっており、製造業は日本標準産業分類(総務省，2013)の中分類相当、非製造業は第１次産業が１分類、第２次産業は２分類、第３次産業は３分類にしか分類されていない。2010 年度・11 年度の岩手県・宮城県の圏域別の市町村民経済計算(岩手県政策地域部，2018 及び宮城県震災復興・企画部，2018)を確認すると、津波被災地では製造業だけでなく非製造業の落ち込みも大きいこと、一部の非製造業では津波被災地以外の落ち込みが大きいこと、東京都の第三次産業活動指数(東京都，2018)も１～２割低下していることを確認した。さらに、国民経済計算(内閣府，2018)から８地域 23 部門モデルのサービス業に該当する部分の構成比は約７割を占め､同部門内の取引関係がモデルに反映されていないことから、各産業間の取引関係を適切に反映させることを目的に、非製造業の産業部門の細分化を実施した。具体的には、図３－２－⑥－１に示すように、23 部門モデルのサービス業を「卸売・小売」「金融・保険」「不動産」「運輸・通信」「その他サービス」に５分割し、８地域 27 部門モデルに改良した。

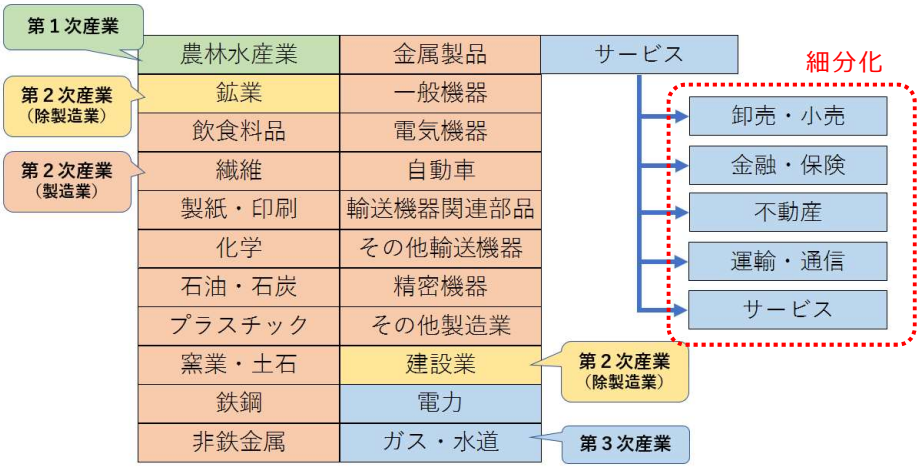


図３－２－⑥－１　23 部門から 27 部門への細分化

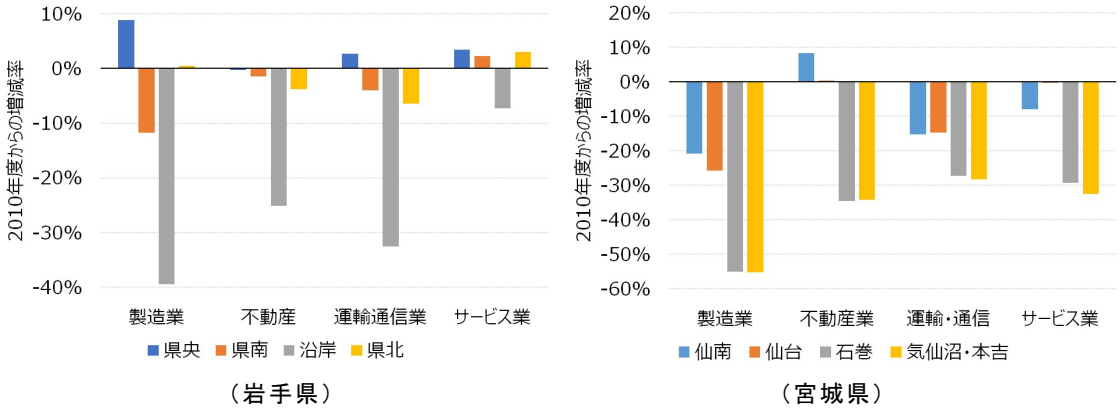


図３－２－⑥－２　岩手県・宮城県の産業別市町村内総生産の増減率

b) 間接被害の試算

南海トラフで地震・津波が発生した場合に、社会・経済的に厳しい状況に置かれると考えられるシナリオを設定するとともに、設定したシナリオが発生した場合の間接被害を試算した。

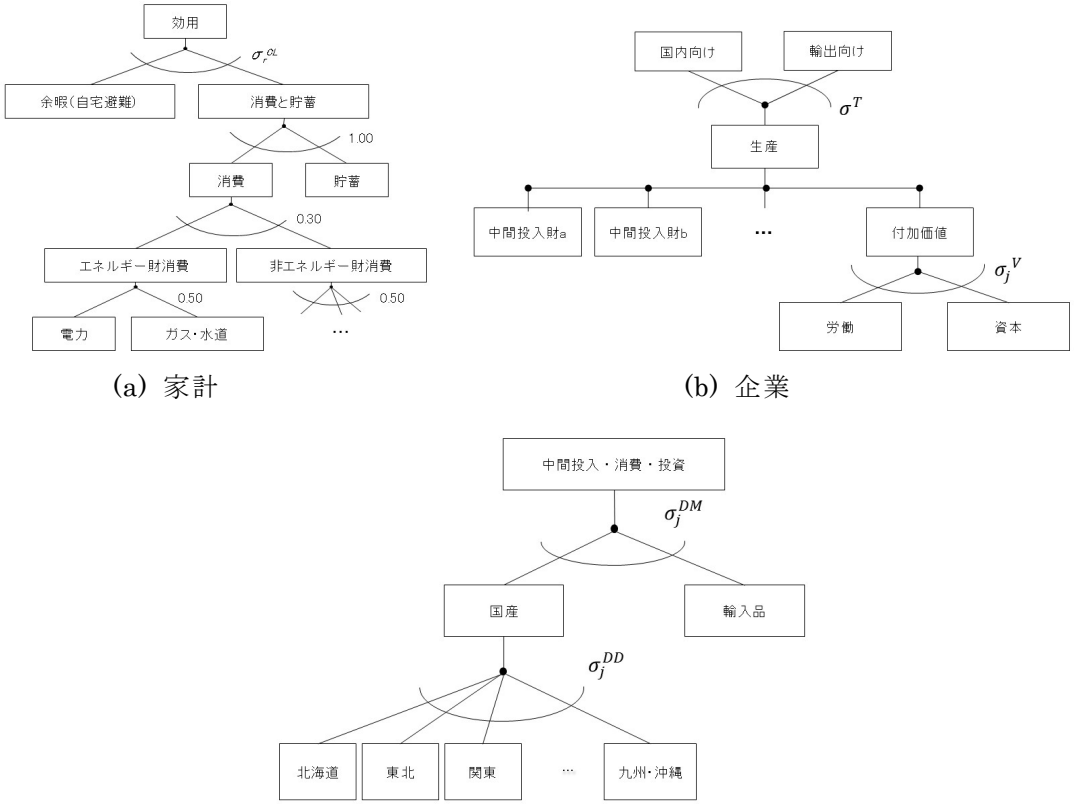
シナリオの設定にあたっては、南海トラフでの過去の地震の発生状況や南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ（以降、「ＷＧ」と称す）（中央防災会議，2017）の報告等を参考にシナリオを設定した。ＷＧでは、南海トラフで観測される可能性が高く、かつ大規模地震につながる可能性があり、社会が混乱するおそれがある典型的なケースとして４つのケースを想定している。これらのケースは、(1)南海トラフで半割れ（東側）の地震が発生した場合、(2)南海トラフで規模の想定よりも小さいＭ７クラスの地震が発生した場合、(3)なんらかの前兆現象が観測された場合、に分類できることから、これらの現象が発生した後の南海トラフ等の地震活動も想定してシナリオを設定した。さらに、ＷＧでは想定していない首都圏での地震発生後の発災、南海トラフの西側で先に地震が発生した場合、昭和の南海トラフの地震のように、２つの半割れの地震の間に内陸で地震が発生した場合など、社会・

経済的に厳しい状況が発生するシナリオを６つ設定した。設定したシナリオを図３－２－⑥－３に示した。

《シナリオ1》
南海トラフ東側で地震(Mw8.3)が発生し、その2か月後に西側で地震(Mw8.7)が発生。
《シナリオ2》
紀伊半島沖で地震(Mw7.3)が発生し、その半年後に南海トラフ全域で地震(Mw9.1)が発生。
《シナリオ3》
東海地震の震源域で前兆現象が観測され、政府から「南海トラフ地震に関連する情報」が発表されたが、何も発生せずに、2年後に南海ラフ全域で地震(Mw9.1)が発生。
《シナリオ4》
都心南部直下地震(Mw7.3)が発生し、その2か月後に南海ラフ全域で地震(Mw9.1)が発生。
《シナリオ5》
南海トラフ西側で地震(Mw8.7)が発生し、その2年後に東側で地震(Mw8.3)が発生。
《シナリオ6》
南海トラフ東側で地震(Mw8.3)が発生し、その1か月後に猿投－高浜断層帯(Mw7.1)で地震が発生、さらに、その1年11か月後に西側で地震(Mw8.7)が発生。

図３－２－⑥－３　設定したシナリオ

図３－２－⑥－３に示した各シナリオの間接被害を試算した。試算には a)項に示した８地域 27 部門の応用一般均衡モデルを利用した。本業務で利用した応用一般均衡モデルの家計、企業、地域間交易の構造を図３－２－⑥－４に示した。



(a) 家計　　(b) 企業

(c) 地域間交易

図３－２－⑥－４　家計、企業、地域間交易の構造

各シナリオの地震ハザードは、全国地震動予測地図（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2018）の簡便法と同様に、距離減衰式により推定した。津波ハザードは南海トラフで発生する地震のみを対象に、遡上シミュレーションにより算出した 50m メッシュ単位の浸水深データを用いた。なお、遡上計算にあたって堤防は考慮していない。地震動による資本の毀損は中野ほか(2013)により算出し、津波による資本の毀損は、浸水したメッシュ内の資本は 100%毀損と仮定して、地震・津波による各地域の資本の毀損率を設定した。

各シナリオの間接被害額を図３－２－⑥－５に示す。シナリオが複数の地震で構成される場合は、最初の地震発生を起点とし最後の地震が発生した１年後を終点とした期間を間接被害額の算出期間とした。試算の結果、間接被害額が最も大きくなったのは、南海トラフの地震（東側および西側）と猿投－高浜断層帯の地震が発生したシナリオ６の約 141 兆円、次いで、都心南部直下地震と南海トラフの地震（全域）が発生したシナリオ４で約 112 兆円となった。また、南海トラフの地震（全域）が発生するシナリオ２・３は、ともに約 85 兆円前後であった。シナリオ６で間接被害額が最も大きくなったのは対象期間が 36 か月間と長かったためである。12 か月平均で見た場合は、シナリオ４が約 96 兆円と最大となった。

鉱工業生産指数の推移を図３－２－⑥－６に示す。シナリオ４では、都心南部直下地震によって関東地域の鉱工業生産指数は地震前の 80%程度まで低下し、その回復途上で南海トラフの地震（全域）によって、北海道・東北も含め全国的に低下する。特に、四国・中部・近畿は地震前の 50%以下、関東も 50～60%程度の水準まで低下し、経済的にはかなり厳しい状況が想定される結果となった。また、シナリオ６では、中部の鉱工業生産指数は南海トラフの地震（東側）発生後に３割弱低下し、さらに猿投－高浜断層帯の地震により地震前の４割強まで低下する。その１年 11 か月後の南海トラフの地震（西側）発生前は地震前の 90%程度まで回復するが、南海トラフの地震（西側）により再度落ち込み、回復に向かうものの、最初の地震から３年経過しても地震前の 90%程度の水準に留まる結果となった。

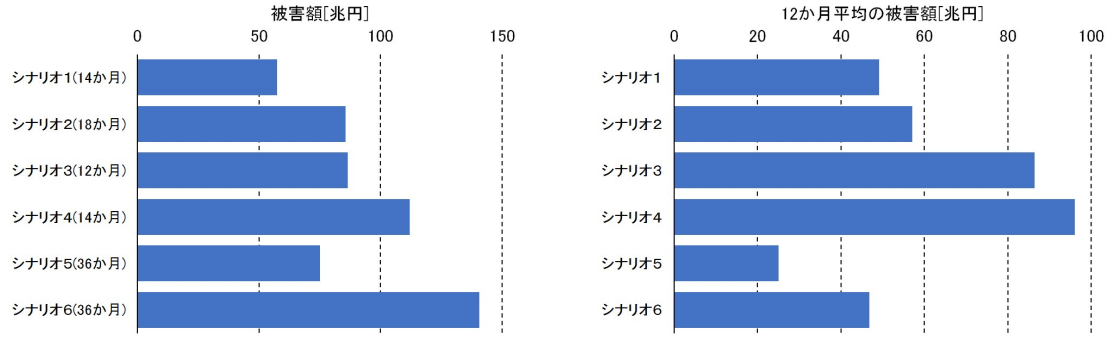
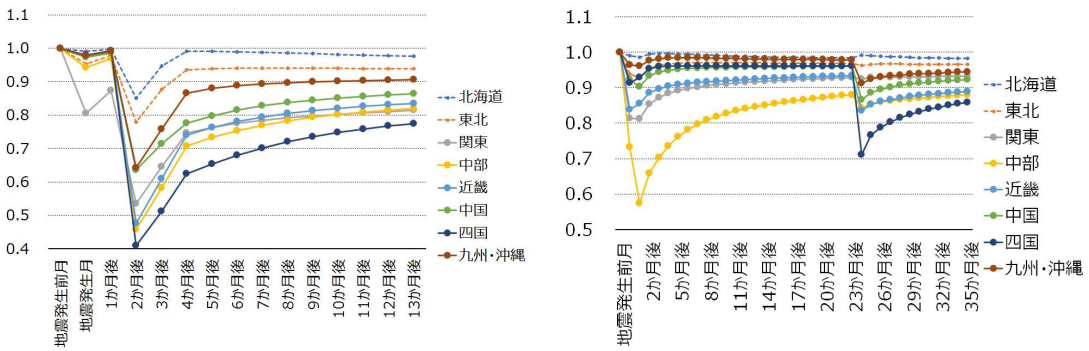


図３－２－⑥－５　各シナリオの間接被害額



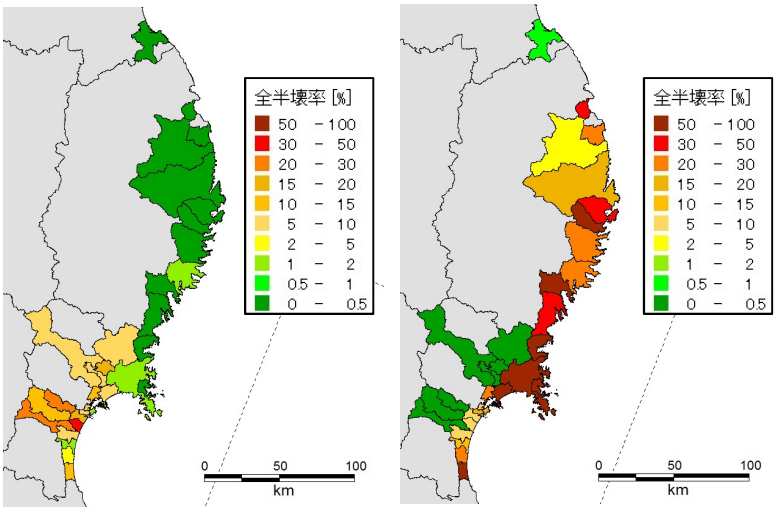
（シナリオ４）　　（シナリオ６）

図３－２－⑥－６　各シナリオの鉱工業生産指数の推移の例

c) 災害パターンの類型化の検討

本業務では、地域の特徴によって被害や復旧・復興状況が変化することから、これを災害シナリオに生かすことを念頭に置き、地震・津波による被害の特徴や被害がもたらす社会的影響を地域毎に類型化する手法を検討した。具体的には、地震・津波によりどのような災害の種類で被害を受けるかを示す『被害の様相』や、人口動態や社会・経済的な地域性を示す『社会・経済的特徴』において、それぞれ類型を定義し、２つの類型の組合せによって、地域で発生する災害パターンや復旧・復興状況等を市区町村単位で示す手法を検討した。

『被害の様相』は、1995 年兵庫県南部地震、2004 年新潟県中越地震、2011 年東北地方太平洋沖地震、2016 年熊本地震の被災地(住家全壊棟数 100 棟以上の市区町村とした)を対象に、協会、都道府県、市町村等が被災後に発行した災害記録誌等を調査し、「地震動」「液状化」「火災」「土砂災害」「津波」の要因別住家全半壊率を市区町村単位で推定した。図３－２－⑥－７にその一例として 2011 年東北地方太平洋沖地震の被災市区町村の要因別全半壊率を示す。



（地震動による全半壊率）　　（津波による全半壊率）

図３－２－⑥－７　東北地方太平洋沖地震の被災市区町村の要因別全半壊率

『社会・経済的特徴』については、過去の被害地震における発災後の被災地の状況を示すキーワードとして、「人口減少」「孤立化」「全村避難」「計画停電」「帰宅困難」「サプライチェーン寸断」などを考えた。これらの特徴を示す統計情報として、「人口増減率」「75 歳以上人口率」「持家率」「他地域から電車・バスでの通勤人口」「第一次産業人口の割合」「製造業の割合」を考え、これらの市区町村単位の統計値を『社会・経済的特徴』を示す値として利用することとした。

類型化にあたっては、要因別全半壊率や「社会・経済的特徴」を示す統計値を標本データとして利用して、それぞれクラスター分析(ward 法)を実施し、「被害の様相」を７類型、「社会・経済的特徴」を５類型に分類した。得られた各類型の特徴を、標本データの中央値や四分位偏差を利用してレベル分けをし、各類型の特徴として整理した結果を表３－２－⑥－１に示した。

表３－２－⑥－１　地域類型とレベル分けの基準

（被害の様相を示す地域類型）

	地震動	液状化	火災	土砂災害	津波
CLS1	L3	L2	L2	L1	L1
CLS2	L4	L1	L4	L1	L1
CLS3	L2	L1	L1	L1	L1
CLS4	L4	L1	L1	L4	L1
CLS5	L2	L1	L1	L1	L3
CLS6	L2	L1	L1	L1	L4
CLS7	L2	L4	L1	L1	L2

（被害の様相のレベル分けの基準）

	レベル分けの基準	意味合い
L4	災害の種類iの中央値I_mが次の条件を満たす場合　$I_m \geqq 1$	極めて被害が出やすい
L3	災害の種類iの中央値I_mが次の条件を満たす場合　$0 \leqq I_m < 1$	被害が出やすい
L2	災害の種類iの中央値I_m、四分位偏差I_qが以下の条件を満たす場合　$I_m < 0$、$I_q > 0$	被害が出る可能性がある
L1	災害の種類iの四分位偏差I_qが以下の条件を満たす場合　$I_q = 0$	被害が相対的に出難い

（社会・経済的特徴を示す地域類型）

	人口増加率	75歳以上割合	持家率	通勤通学人口	1次産業人口	製造業人口
CLS-A	やや高い	やや低い	やや低い	やや低い	やや低い	やや高い
CLS-B	やや高い	やや低い	やや低い	やや低い	やや低い	低い
CLS-C	高い	やや低い	低い	高い	やや低い	やや低い
CLS-D	やや低い	高い	高い	やや低い	高い	やや低い
CLS-E	やや低い	やや高い	やや高い	やや低い	やや高い	やや高い

（社会・経済的特徴のレベル分け基準）

	レベル分けの基準
高い	統計情報iの中央値I_mが次の条件を満たす場合　$I_m \geqq 1$
やや高い	統計情報iの中央値I_mが次の条件を満たす場合　$0 \leqq I_m < 1$
やや低い	統計情報iの中央値I_mが次の条件を満たす場合　$-1 \leqq I_m < 0$
低い	統計情報iの中央値I_mが次の条件を満たす場合　$I_m < -1$

表３－２－⑥－２　過去の被害地震の被災地の類型結果抜粋（地震発生当時の類型）

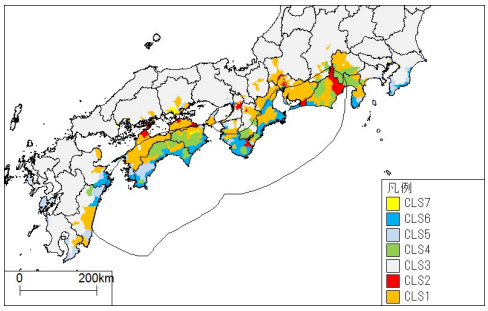
No	市区町村	総合類型	被害の様相	社会･経済的特徴
1	神戸市長田区	CLS2-A	地震動と火災による被害が極めて出やすい地域	人口増加率、製造業従事者割合がやや高く、75歳以上人口割合、持ち家率、１次産業従事者割合はやや低い地域。
2	山古志村	CLS4-D	地震動と土砂災害による被害が極めて出やすい地域	人口増加率、製造業従事者割合はやや低く、75歳以上人口割合、持ち家率、１次産業従事者割合の高い地域。
3	陸前高田市	CLS6-D	津波による被害が極めて出やすい地域	人口増加率、製造業従事者割合はやや低く、75歳以上人口割合、持ち家率、１次産業従事者割合の高い地域。
4	浦安市	CLS7-B	液状化による被害が極めて出やすく、津波の被害も出る可能性のある地域	人口増加率がやや高く、75歳以上人口割合、持ち家率、１次産業従事者割合がやや低く、製造業従事者割合は低い地域。
5	千代田区	CLS3-C	地震動による被害が出る可能性のある地域	人口増加率、公共交通機関の通勤通学者割合が高く、75歳以上人口割合、１次産業･製造業従事者割合はやや低く、持ち家率は引くい地域。
6	益城町	CLS1-E	地震動による被害が出やすく、液状化や火災による被害が出る可能性のある地域	人口増加率はやや低く、75歳以上人口割合、持ち家率、１次産業･製造業従事者割合のやや高い地域。

また、表３－２－⑥－２には、クラスター分析によって得られた過去の被害地震の被災地の類型結果の抜粋を示したが、それぞれの市区町村において、被災時の被害の特徴や社会・経済的特徴を示すことができており、陸前高田市では津波の被害が出やすい地域であることや、東京都千代田区では帰宅困難者が発生する素因を表現できていること等を確認した。

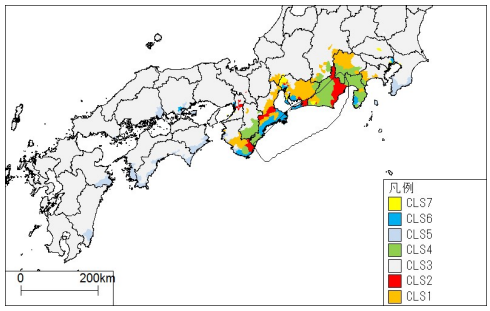
d) 類型化の試行

過去の被害地震の被災地から得られた２種類の地域類型を利用して、図３－２－⑥－３に示したシナリオを構成する６つのシナリオ地震が発生した場合の類型化を試行した。過去の被害地震の被災地における被害の様相、社会・経済的特徴を示す地域類型は定義されているが、設定したシナリオ地震が発生した場合の被災市区町村がどの類型に属するかを判別する必要がある。ここでは、類型の判別は清水ほか(2016)と同様に、地域類型を定義する際に利用した全半壊率や統計値をサンプルデータとし、マハラノビス距離を利用した判別分析により、各シナリオ地震の被災地の類型化を実施した。判別分析に利用するデータについては、被害の様相の類型化では、シナリオ地震の地震・津波のハザード評価から算出された地震・液状化・火災・土砂災害・津波による全半壊棟数を市区町村単位で集計して全半壊率に換算した値を利用した。社会・経済的特徴を示す統計値は、2015 年国勢調査等の最新の統計情報を収集・整理したものを利用した。

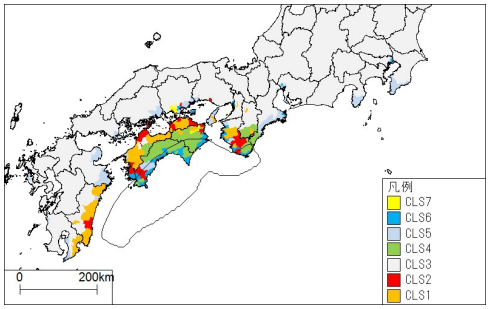
地域類型の例として南海トラフの地震や都心南部直下地震が発生した場合の被害の様相の類型分布を図３－２－⑥－８に、社会・経済的特徴の類型分布を図３－２－⑥－９に示すとともに、シナリオ地震の被災地における各類型の構成比を図３－２－⑥－10 に示した。



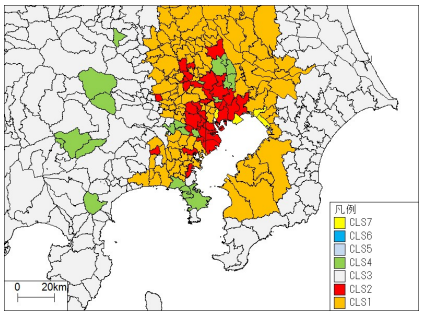
（南海トラフ全域の地震）



（南海トラフ東側の地震）



（南海トラフ西側の地震）



（都心南部直下地震）

図３－２－⑥－８　シナリオ地震が発生した場合の被害の様相を示す地域類型

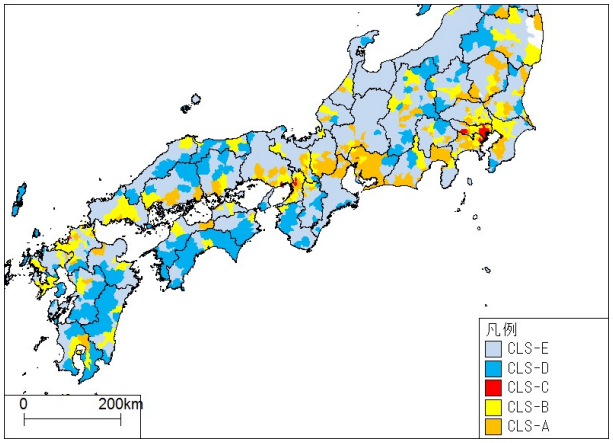
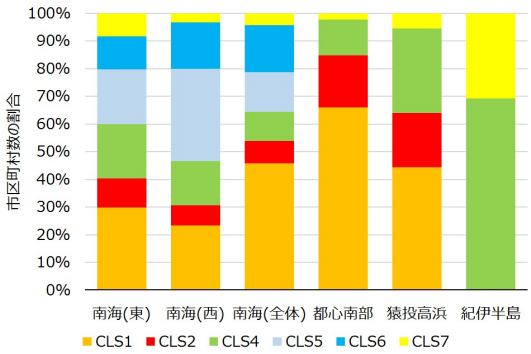
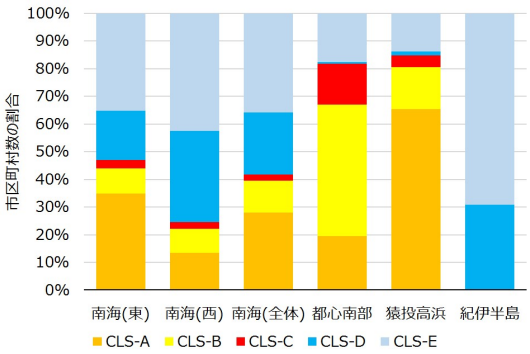


図３－２－⑥－９　社会・経済的特徴を示す類型分布



（被害の様相：CL3 を除く）



（社会・経済的特徴）

図３－２－⑥－10　各シナリオの類型別構成比

図３－２－⑥－８から、シナリオ地震の被害分布の違いにより、被害の様相を示す類型分布も変化していることがわかる。基本的には、南海トラフの地震の場合、震源域に近い沿岸市区町村では津波被害に特徴のある「CLS5」「CLS6」に分類される。また、都市部では「CLS2」に分類される市区町村も点在しており、これらの地域では地震動・火災の被害が発生することが予想される。南海トラフ東側の地震(Mw8.3)や全域の地震(Mw9.1)では大阪市の一部では「CLS2」に分類される結果となり、木造密集地域が分布している影響と考えられる。また、南海トラフ全域の地震で地震動被害に特徴のある「CLS1」となった市区町村数は 200 を超えており、津波被害が極めて大きい「CLS6」も６つのシナリオの中で最大となっていて、その影響の大きさが伺える結果となった。

一方、図３－２－⑥－10 からは、南海トラフの地震では、都心南部直下地震と比較して、「CLS-D」「CLS-E」といった人口減少や高齢化が進んだ地域・１次産業の構成比の高い地域が被災地となる割合が高く、その傾向は南海トラフ東側よりも西側の地震で顕著であること、逆に、都心南部直下地震や猿投－高浜断層帯では逆の傾向がみられ、被災後の復旧・復興等の状況が異なる可能性が定量的にも示された。

(d) 結論ならびに今後の課題

本業務では、発災後の災害シナリオ高度化のため、平成 29 年度に利用した応用一般均衡モデルの高度化と、間接被害の試算を行った。さらに、被災地の災害パターンを類型化する手法の検討を実施した。本業務で得られた成果と今後の課題を以下に示す。

1) 南海トラフにおける過去の地震発生状況や中央防災会議のＷＧの報告等を参考に、社会・経済的に厳しい状況が発生するシナリオを６つ設定した。また、東日本大震災の各種経済指標等を参考に、平成 29 年度に利用した８地域 23 部門の応用一般均衡モデルを、非製造業の産業部門を細分化した８地域 27 部門モデルに改良するとともに、設定したシナリオによる間接被害を試算した。シナリオが複数の地震で構成されるため最初の地震発生を起点、最後の地震が発生した１年後を終点した期間の間接被害を試算すると、南海トラフの地震（東側および西側）と猿投－高浜断層帯の地震が発生したシナリオ６の約 141 兆円（36 か月間）が最大となり、次いで、都心南部直下地震と南海トラフの地震（全域）が発生したシナリオ４で約 112 兆円（14 か月間）という結果を得た。

2) 過去の被害地震の被災地の要因別全半壊率や社会・経済的特徴を示す統計値から地域類型を定義するとともに、６つのシナリオを構成する各地震が発生した場合の類型化を試行した。今年度の類型化の定義は全半壊率や統計情報のみから定義したが、南海トラフの地震・津波のような広域災害の場合、その影響は広域に及ぶため、上記 1)で試算した間接被害を今後取り込んだ類型化について検討する必要がある。また、災害シナリオの作成にあたっては、類型化に利用した統計値が被災地の復旧・復興状況に与えた影響をより具体的に把握し、シナリオ作成に生かす必要がある。

3) 南海トラフで発生する地震の多様性を考えた場合、南海トラフで発生する地震を大きくとらえ、地震・津波の発生状況の類型化についても検討する必要がある。

(e) 引用文献

1) 総務省，日本標準産業分類，2013，
http://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/index/seido/sangyo/index.htm.
2) 岩手県政策地域部，平成 27 年度岩手県市町村民経済計算年報，2018.
3) 宮城県震災復興・企画部，平成 27 年度宮城県市町村民経済計算，2018.
4) 東京都，第 3 次産業活動指数，2018，
http://www.toukei.metro.tokyo.jp/ssisuu/ss-index.htm.
5) 内閣府，国民経済計算（GDP 統計），2018，
https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/menu.html.
6) 中央防災会議 南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ，南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応のあり方について（報告），2017.
7) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：全国地震動予測地図 2018 年版，
https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/shm_report/shm_report_2018/.
8) 中野一慶，梶谷義雄，多々納裕一，地震災害による産業部門の操業能力の低下を対象とした機能的フラジリティ曲線の推計,土木学会論文集 A1(構造･地震工学)，Vol.69，No.1，pp.57-68，2013.
9) 清水智，若浦雅嗣，小丸安史，藤原広行，中村洋光，森川信之，早川譲，地域における地震災害の類型化手法の検討，日本地震工学会論文集，第 16 巻，第 3 号，pp.169-182，2016.

⑦都市災害と経済被害

(a) 業務の要約

都市災害について、2018 年度は復興シミュレーションの基礎分析として、住まいを失った世帯が住宅を再取得する段階で、どのような移動を行うかに関する意向調査の分析を行った。

経済被害について、2018 年度は愛知県の市区町村間交易マトリックスの推計および愛知県市区町村間産業連関表の作成を試行した。また 2017 年度に整備した愛知県の各市区町村の地域産業連関表と整合的となるよう制約付誤差最小化問題を定式化し、整合的な愛知県市区町村間産業連関表を構築した。

(b) 業務の実施方法

1) 都市災害

2018 年度は、2017 年度までに作成した復興期の居住地選択モデルからシミュレーションを構築するためのアンケート調査分析を行った（なおアンケート調査自体は既に 2017 年 12 月に行っており、この調査の詳細な分析を本年度は行っている)。

2) 経済被害

2018 度は、経済学における「グラビティモデル」を応用し、愛知県の市区町村間に

おける財別地域間交易マトリックスを推定した。また 2017 年度までに構築した愛知県を含む東海４県を対象とした地域産業連関表と 2018 年度に構築した地域間交易マトリックスとの経済収支の整合性を確保するため制約付き誤差最小化問題を定式化し、愛知県の市区町村産業連関表と地域間交易マトリックスが整合的な愛知県地域間産業連関表を開発した。

(c) 業務の成果

1) 都市災害

本業務は 2017 年度以降、大規模災害が発生した後の復興期における人口移動予測技術の構築を行っている。昨年度は、仮住まい住宅から恒久住宅に生活の場を移す移住行動に伴って生じる人口移動を予測するための数理モデルを構築した。本年度はこれをもとにして、アンケート調査の分析を行った。実施期間は 2017 年 12 月 10 日から 12 月 28 日で、愛知県名古屋市、岐阜県岐阜市、三重県津市に各 500 世帯、計 1,500 世帯を無作為にポスティングし、郵送にて回答を頂いた。回収票数は 311 部で回収率 20.7%、有効票数は 294 部であった。調査票は，都道府県ごとに内容の一部を変えて配布した。

本調査票は３パートから構成されている。

第１パートとして，回答者の個人属性を尋ねる設問を設け、「居住地」「世帯形態」「世帯主の年齢」「世帯主の職業と業種」「職場および学校の所在地」「世帯年収」「自宅特性」の回答を得た。図３－２－⑦－１に回答者の世帯形態、図３－２－⑦－２に世帯主の年齢、図３－２－⑦－３に職業、図３－２－⑦－４に有職者の業種、図３－２－⑦－５に自宅形態を示す。世帯形態の定義は、「単独世帯」は世帯人員１人の世帯、「夫婦世帯」は世帯人員が夫婦２人の世帯、「核家族」は夫婦または片親と未婚の子供がいる世帯、「二世代世帯」は夫婦と親もしくは結婚している子供夫婦がいる世帯、「三世代世帯」は夫婦とその子供、および親がいる世帯である。

図３－２－⑦－６は、現在住んでいる場所の「良さ」を３つまで回答した結果である。現在の居住地を選んだ理由を把握するためにこの設問を設けた。「買い物等の生活利便性が高い」との回答数(195 人)が最も多く、次いで「居住環境が良い」(156 人)、「通勤・通学に便利」(107 人)と続く。一方で「医療・福祉環境が良い」(32 人)「教育環境が良い」(14 人)は回答人数としては少ない。その他の内容は、「配偶者の職場が１Ｆだから」「会社の事務所が近い」「不便だが高齢者の方々とのお付き合いが良い」「安い」との回答であった。

第２パートに、仮に自宅が被災して数年が経過し、仮設住宅を退去したとの想定の下で、どのような居住形態を選択するかを尋ねた。この結果は、今後の住宅選択に関するモデル推定の改善に利用する。居住形態の選択肢は、上記で示したように、自宅の全壊を想定した設問においては「１．自宅再建」「２．新築住宅」「３．中古住宅」「４．賃貸住宅」「５．親族知人宅」の５つである。自宅の半壊を想定した設問では、先述の５つの居住形態に「０．自宅修理」を加えた６つの選択肢から回答を得た。図３－２－⑦－７に、自宅が全壊した想定の回答結果と半壊した想定の回答結果を示す。

自宅が全壊した想定の回答数では、「４．賃貸住宅」が 45.6%と最も多く、次いで「１．自宅再建」(34.4%)、「２．新築住宅」(7.8%)、「５．親族知人宅」(7.1%)、「３．中古住宅」(5.1%)と続く。自宅が半壊した想定の回答数では、「１．自宅再建」(38.4%)が最も多く、次いで「４．賃貸住宅」(33.7%)、「０．自宅修理」(11.9%)、「５．親族知人宅」(6.8%)、「２．新築住宅」(5.8%)、「３．中古住宅」(3.4%)と続く。特徴的なのは、全壊の想定下では「４．賃貸住宅」の回答数が「１．自宅再建」の回答数を上回っているのに対し、半壊の想定では「１．自宅再建」と答える回答者が増加し、「４．賃貸住宅」の回答数を上回った。「０．自宅修理」と合わせて 50.3%の回答者が、現在の自宅に住み続ける意向を持っていることが分かる。

第３パートは、仮に現在の自宅を離れなければならない場合を想定し、その際の移住行動について尋ねた。３－２－⑦－８に、回答者が移住先として重視する事柄を示す。この設問は、居住地選択に影響を及ぼす要因を探ることを目的としている。「通勤・通学に便利な地域」の回答数が 65 人と最も多く、次いで「買物等の生活利便性が高い地域」(40 人)、「現在住んでいる場所から近い地域」(37 人)、「居住環境が良い地域」(36 人)と続く。図３－２－⑦－６の結果と加味して考察すると、居住地選択の際に考慮される「地域の魅力」は通勤・通学時の利便性が最も影響が大きいことが予想される。さらに、商業施設の充実度等の生活利便性の影響も大きいと考えられる。一方で、教育施設の充実度および娯楽施設の充実度は居住地選択の際に考慮される「魅力」に与える影響が小さいものと予想される。また現在の居住地からの距離も居住地選択に大きな影響を与えているであろうと予想される。

次に、災害後に居住地を変えなければならない場合に、どの市区町村に居住したいかを尋ねた。表３－２－⑦－1、表３－２－⑦－２、表３－２－⑦－３に愛知県名古屋市、三重県津市、岐阜県岐阜市で配布した調査票に、転居先の選択肢として記載した市区町村の一覧を示す。回答者はこの４つの市区町村の中から、最も移住したいもしくは移住しても良いと思う選択を答えてもらった。図３－２－⑦－９、図３－２－⑦－10、図３－２－⑦－11 に愛知県、三重県、岐阜県の回答結果を示す。

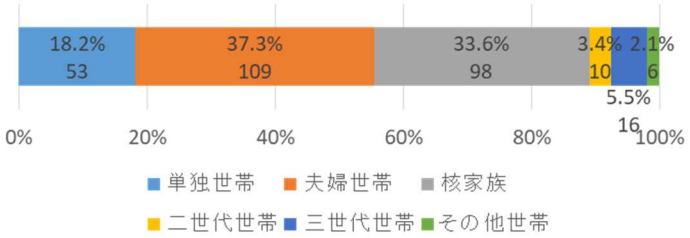


図３－２－⑦－１　回答者の世帯形態

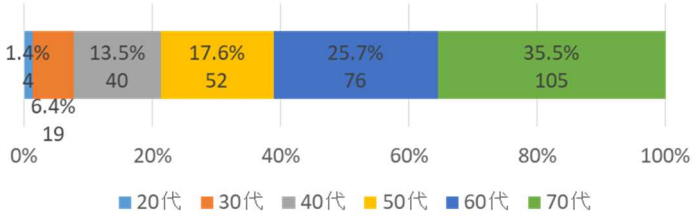


図３－２－⑦－２　回答者の年齢

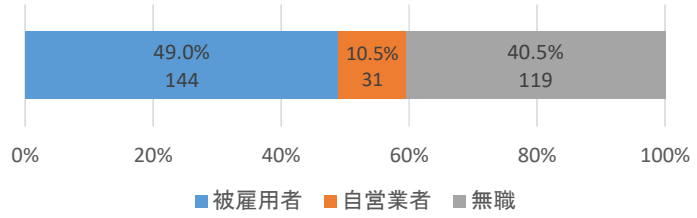


図３－２－⑦－３　回答者の職業

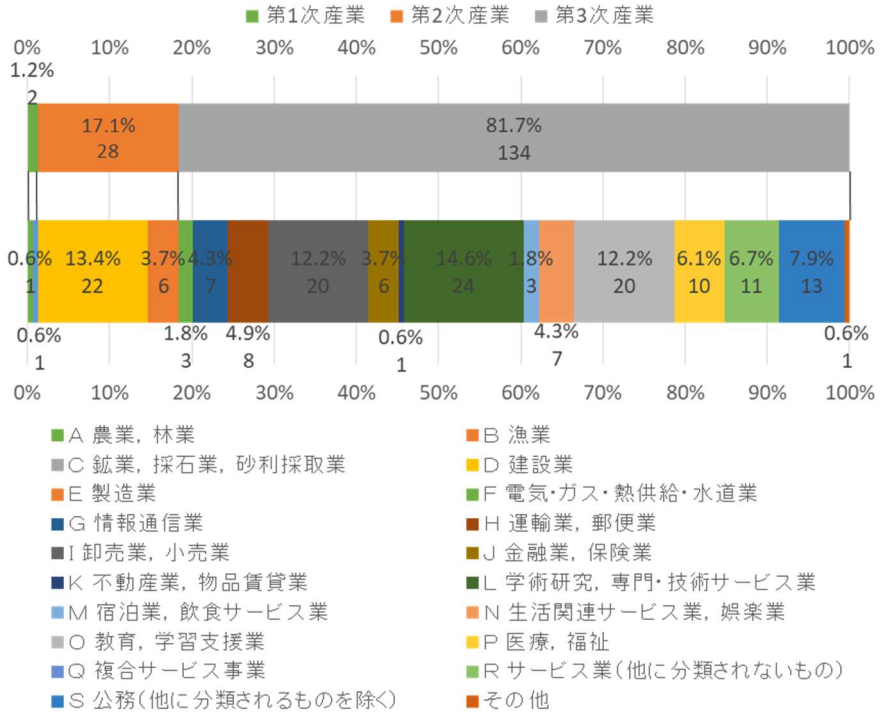


図３－２－⑦－４　有職者の業種

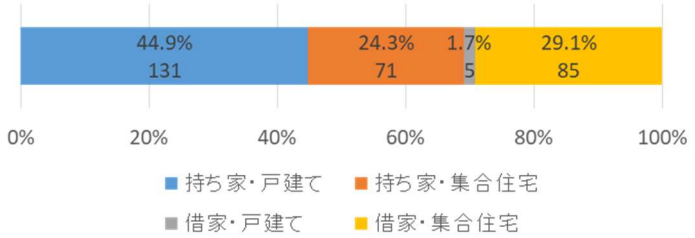
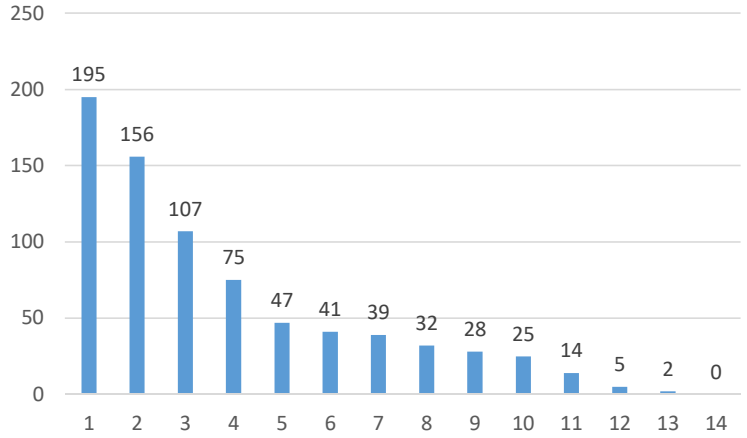


図３－２－⑦－５　回答者の自宅形態



1. 買物等の生活利便性が高い
2. 居住環境が良い
3. 通勤・通学に便利
4. 長く住んでいて馴染み深い
5. 近くに親族や友人、知人がいる
6. 災害安全性が高い
7. 居住費用（家賃や住宅建設費等）が安い
8. 医療・福祉環境が良い
9. 田舎である（自然が多い）
10. 都市である
11. 教育環境が良い
12. その他
13. わからない
14. 娯楽が充実している

図３－２－⑦－６　現在住んでいる場所の良さ(3 つまで回答可)

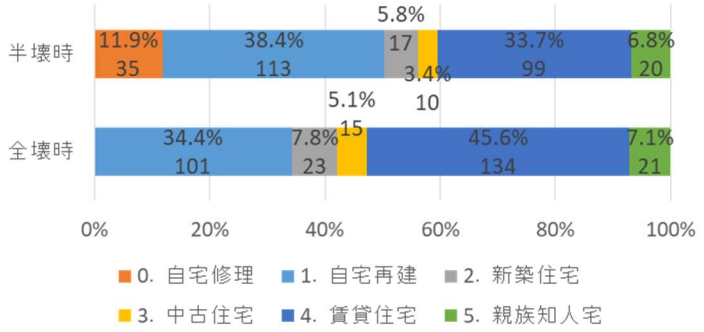
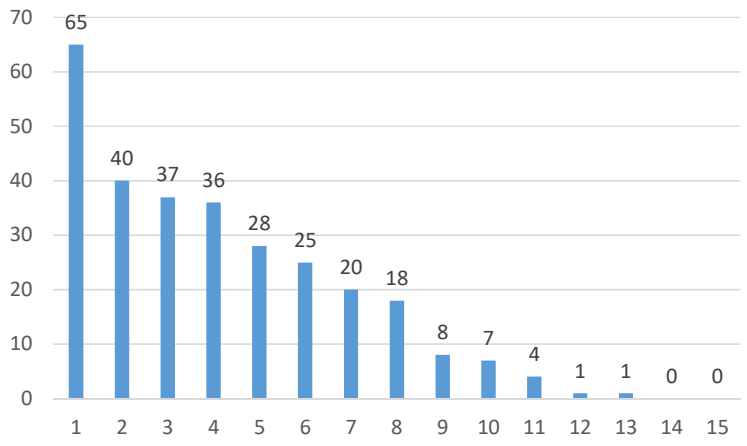


図３－２－⑦－７　希望する恒久住宅の種類



1. 通勤・通学に便利な地域
2. 買物等の生活利便性が高い地域
3. 現在住んでいる場所から近い地域
4. 居住環境が良い地域
5. 災害安全性が高い
6. 近くに親族や友人、知人がいる地域
7. 医療・福祉環境が良い地域
8. 居住費用が安い
9. 都市部
10. わからない
11. 自然が多い地域
12. 教育環境が良い地域
13. 現在住んでいる場所から遠い地域
14. 娯楽が充実している地域
15. その他

図３－２－⑦－８　転居先として重視すること

表３－２－⑦－１　愛知県名古屋市在住の回答者に対する居住先の選択肢一覧

	問1	問2	問3	問4	問5	問6	問7	問8
選択肢1	現在と同じ市区町村	現在と同じ市区町村	愛知県蟹江町	愛知県豊山町	愛知県弥富市	三重県いなべ市	三重県亀山市	愛知県大治町
選択肢2	愛知県大治町	愛知県日進市	愛知県日進市	愛知県蟹江町	愛知県知多市	岐阜県土岐市	岐阜県恵那市	愛知県高浜市
選択肢3	名古屋市北区	愛知県春日井市	愛知県稲沢市	愛知県瀬戸市	愛知県刈谷市	岐阜県大垣市	愛知県豊川市	岐阜県可児市
選択肢4	名古屋市中区	岐阜県岐阜市	愛知県春日井市	愛知県刈谷市	愛知県豊田市	三重県四日市市	三重県津市	愛知県豊橋市

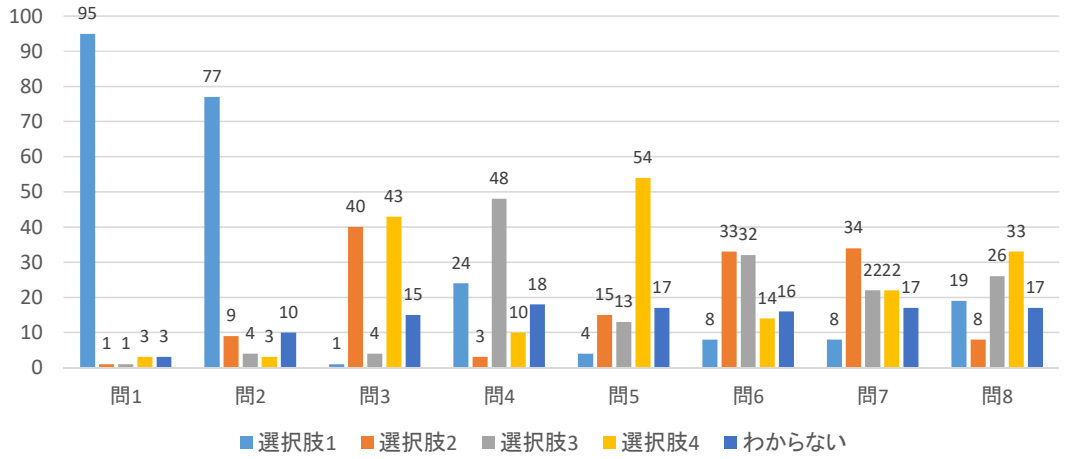


図３－２－⑦－９　愛知県在住の回答者の回答結果

表３－２－⑦－２　三重県津市在住の回答者に対する居住先の選択肢一覧

	問1	問2	問3	問4	問5	問6	問7	問8
選択肢1	現在と同じ市町村	現在と同じ市町村	三重県亀山市	三重県多気町	三重県菰野町	三重県鳥羽市	三重県鳥羽市	三重県亀山市
選択肢2	三重県亀山市	三重県鈴鹿市	三重県明和町	三重県玉城町	三重県伊賀市	三重県名張市	岐阜県海津市	愛知県弥富市
選択肢3	三重県松阪市	三重県四日市市	三重県伊勢市	三重県桑名市	三重県伊勢市	三重県桑名市	愛知県あま市	三重県いなべ市
選択肢4	三重県鈴鹿市	名古屋市中区	三重県四日市市	三重県名張市	三重県桑名市	名古屋市中区	岐阜県岐阜市	名古屋市中区

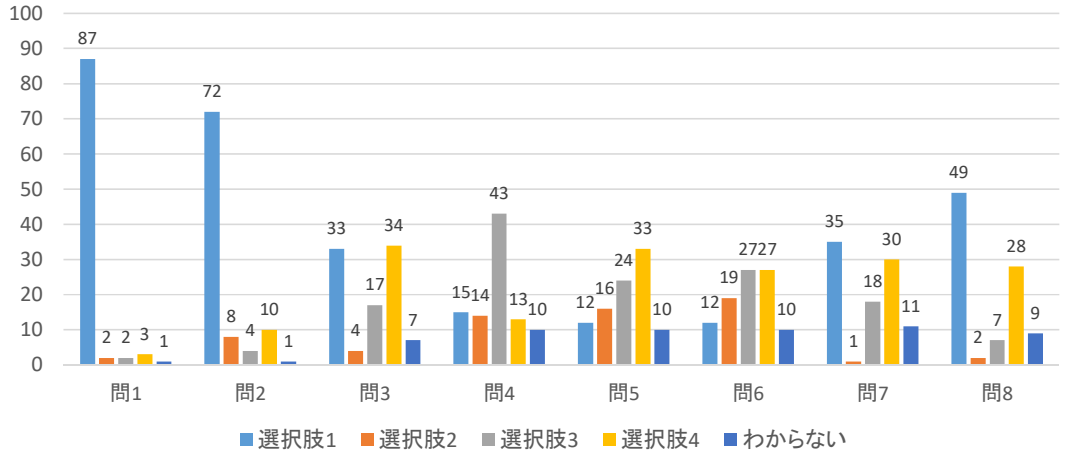


図３－２－⑦－10　三重県在住の回答者の回答結果

表３－２－⑦－３　岐阜県岐阜市在住の回答者に対する居住先の選択肢一覧

	問1	問2	問3	問4	問5	問6	問7	問8
選択肢1	現在と同じ市町村	現在と同じ市町村	岐阜県山県市	岐阜県安八町	愛知県岩倉市	岐阜県八百津町	岐阜県白川町	岐阜県揖斐川町
選択肢2	岐阜県笠松町	岐阜県羽島市	愛知県江南市	岐阜県本巣市	岐阜県関市	愛知県尾張旭市	愛知県知立市	岐阜県八百津町
選択肢3	岐阜県瑞穂市	愛知県一宮市	岐阜県各務原市	岐阜県大垣市	愛知県稲沢市	岐阜県多治見市	愛知県刈谷市	岐阜県土岐市
選択肢4	愛知県一宮市	名古屋市中区	愛知県一宮市	愛知県稲沢市	愛知県春日井市	名古屋市中区	愛知県豊田市	愛知県岡崎市

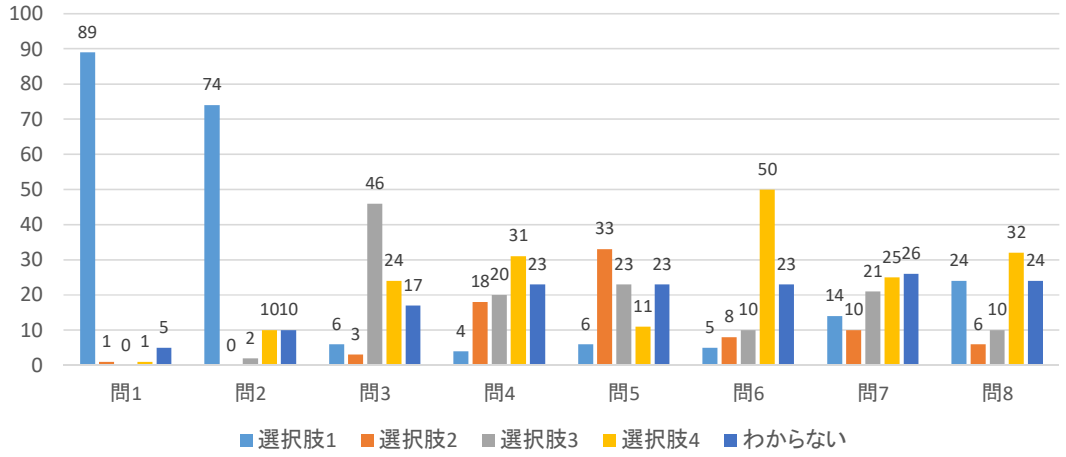


図３－２－⑦－11　岐阜県在住の回答者の回答結果

2）経済被害

2018 度は、経済学における「グラビティモデル」を応用し愛知県を対象に地域間交易マトリックスを推計した。式（３－２－⑦－１）において$Supply_{i,s}$は愛知県内の任意のs自治体のi財に関する製品出荷額を示す。$Demand_{i,r}$は愛知県内の任意のr自治体の第i財の製品需要額を示す。いずれの金額も 2017 年度の研究成果である愛知県内市区町村の地域産業連関表から得る事ができる。$Distance_{s,r}$は愛知県内のs自治体式からr自治体への直線距離である。すなわち財はより生産額が大きい地域からより需要額が大きい地域へ出荷されること、一方でその出荷額は両地域が離れていればいるほど減少する

ことを意味するモデルである。これより計算される$t_{i,s,r}$は第ｉ財の地域間交易マトリックスを作成する上での指標となる。式３－２－⑦－２で計算される$TS_{i,s,r}$は財のグラビティモデルを応用した出荷先割合である。また式（３－２－⑦－３）で計算される$PS_{i,s}$は第i財の製品出荷における任意のs自治体の生産割合である。第i財の出荷額の推定値を示す$Trade_{i,s,r}$は式（３－２－⑦－４）で表現される。$Intratrade_i$は第i財に関する愛知県内の取引総額であり愛知県産業連関表より求める事ができる。

$$t_{i,s,r} = \frac{Supply_{i,s} \cdot Demand_{i,r}}{Distance_{s,r}} \qquad （３－２－⑦－１）$$

$$TS_{i,s,r} = \frac{t_{i,s,r}}{\sum_r t_{i,s,r}} \qquad （３－２－⑦－２）$$

$$PS_{i,s} = \frac{Production_{i,s}}{\sum_s Production_{i,s}} \qquad （３－２－⑦－３）$$

$$Trade_{i,s,r} = TS_{i,s,r} \cdot PS_{i,s} \cdot Intratrade_i \qquad （３－２－⑦－４）$$

式（３－２－⑦－４）を用いて愛知県内 69 市区町村間について 34 業種の市区町村間交易マトリックスの初期値を推計した。続いて 2017 年度に実施した地域産業連関表のデータと市区町村間交易マトリックスの整合性をはかるため制約付誤差最小化問題を定式化し計算を行った。制約付誤差最小化問題は式（３－２－⑦－５）から式（３－２－⑦－７）の式で構成される。$IO_{i,j,r}$は任意のr 地域の j産業によるi産業の生産物の投入額の数値調整後の値を示す。$IO0_{i,j,r}$は数値調整前の値である。$IO_{i,fd,r}$は任意の r 地域の fdで示される最終需要主体（家計、政府、投資）によるi産業の生産物の最終消費額の数値調整後の値を示す。$IO0_{i,fd,r}$は数値調整前の値である。$IO_{va,j,r}$は r 地域の j産業におけるvaで示される付加価値項目（雇用者報酬、営業利益、間接税と補助金）の金額の数値調整後の値を示す。$IO0_{va,j,r}$は数値調整前の値である。$TRD_{i,s,r}$は愛知県内の任意のs自治体からr自治体へのi産業の生産物の移出額の数値調整前の値を示している。式（３－２－⑦－６）は任意の地域の任意の財について成立すべき制約式である。$IM0_{i,r}$および $EX0_{i,r}$は当該地域の海外と輸入額と輸出額を示しているが、これらは愛知県の産業連関表から推定した金額を外生的に与えている。式（３－２－⑦－７）は生産額に関する制約条件である。$Y0_{i,r}$は愛知県内自治体の任意の財の生産額であるが 2017 年度成果より既知の値である。式（３－２－⑦－５）の左辺を最小とする制約付き誤差最小化問題を解き最終的な愛知県の地域産業連関表および地域間交易マトリックスを推定した。

$$\mathrm{obj} = \sum_{i}\sum_{j}\sum_{r}\left(\frac{\mathrm{IO}_{i,j,r} - \mathrm{IO0}_{i,j,r}}{\mathrm{IO0}_{i,j,r}}\right)^2 + \sum_{i}\sum_{fd}\sum_{r}\left(\frac{\mathrm{IO}_{i,fd,r} - \mathrm{IO0}_{i,fd,r}}{\mathrm{IO0}_{i,fd,r}}\right)^2$$

$$+\sum_{i}\sum_{va}\sum_{r}\left(\frac{\mathrm{IO}_{va,j,r} - \mathrm{IO0}_{va,j,r}}{\mathrm{IO0}_{va,j,r}}\right)^2 \qquad (3-2-⑦-5)$$

$$+\sum_{i}\sum_{va}\sum_{r}\left(\frac{\mathrm{TRD}_{i,s,r} - \mathrm{TRD0}_{i,s,r}}{\mathrm{TRD0}_{i,s,r}}\right)^2$$

$$\sum_{j}\mathrm{IO}_{j,i,r} + \sum_{va}\mathrm{IO}_{va,j,r} + \sum_{s(\neq r)}\mathrm{TRD}_{i,s,r} + \mathrm{IM0}_{i,r}$$

$$= \sum_{j}\mathrm{IO}_{i,j,r} + \sum_{fd}\mathrm{IO}_{i,fd,r} + \sum_{s(\neq r)}\mathrm{TRD}_{i,r,s} + \mathrm{EX0}_{i,r} \qquad (3-2-⑦-6)$$

$$\sum_{j}\mathrm{IO}_{j,i,r} + \sum_{va}\mathrm{IO}_{va,j,r} = \mathrm{Y0}_{i,r} \qquad (3-2-⑦-7)$$

図３－２－⑦－12 は、推定された愛知県内の自動車関連産業の交易マトリックスである。行と列の各項目には愛知県内の 69 の市区町村がそれぞれ対応する。図３－２－⑦－12 において赤色の部分は特に取引額が大きい部分であるが、この部分は愛知県の西三河地域における５つの市町村間取引額を示している。他産業でも同様の交易マトリックスの推定を行った。

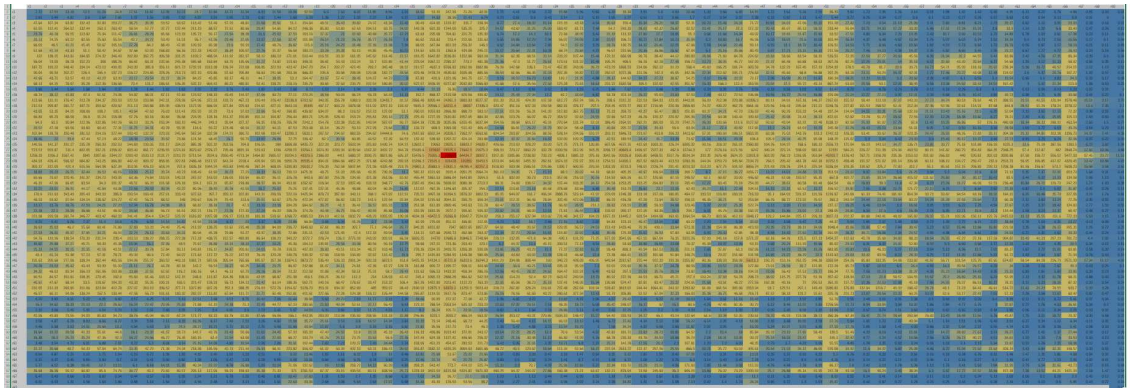


図３－２－⑦－12　自動車関連産業の交易マトリックス

(d)　結論ならびに今後の課題

1)都市災害

今年度は、住まいを失った世帯における復興期の住宅取得に関する意向を詳細に把握した。来年度で、これをもとにした国土復興シミュレーションを構築する予定である。

2）経済被害

2018 年度は愛知県を対象とし市区町村間産業連関表の構築を行った。今後は産業連

関表のデータをベースとした経済被害予測モデルを構築し、市区町村レベルでの南海トラフ巨大地震の経済被害予測を行う。

⑧災害廃棄物

(a) 業務の要約

本研究では、仮置場確保と災害廃棄物の収集運搬を統合的に検討するツールとして、仮置場の確保面積、収集運搬効率を考慮した災害廃棄物処理フローモデルを構築した。そのうえで、仮置場の確保面積、収集運搬効率および処理期間における関係性を評価し、災害廃棄物処理において、仮置場の確保のみならず、収集運搬の確保、処理・再生利用などの出口の確保が重要であると指摘した。

(b) 業務の実施方法

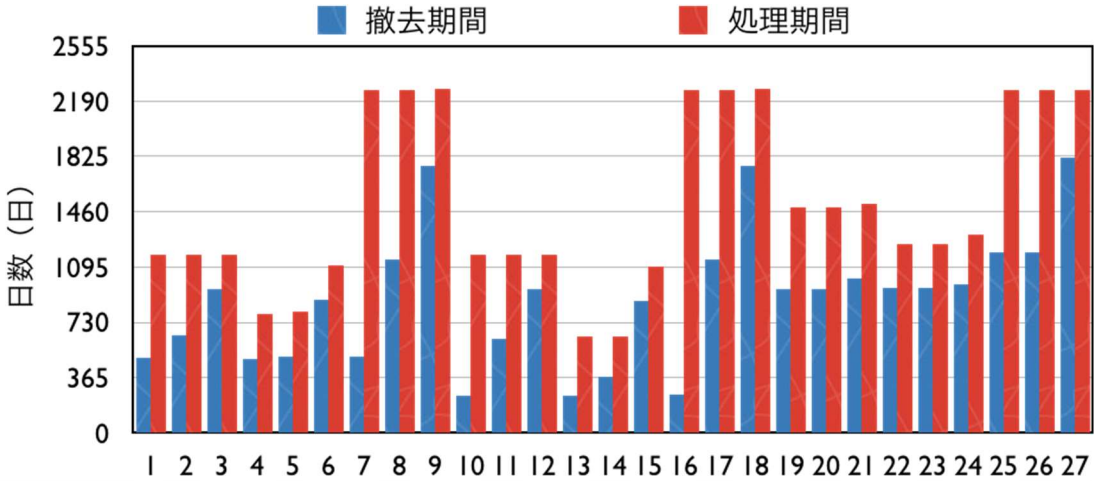
構築した災害廃棄物処理フローモデルは、地域メッシュ単位で算出された災害廃棄物量に対して、運搬車両、一次仮置場、処理施設および二次仮置場に係る制約条件下において、一次仮置場への搬入計算および一次仮置場からの搬出計算を行うことで、日単位での被災現場や一次仮置場における災害廃棄物量の把握を可能とした。一次仮置場からの搬出については、災害廃棄物の組成品目別に計算することとした。制約条件として、運搬車両について、日最大運搬可能時間を、仮置場、処理施設について、一次仮置場における最大集積量、一次仮置場における日最大分別量、品目別日最大処理量をそれぞれ与えた。

仮置場の確保面積、運搬車両数、処理・再生利用量を政策変数とした災害廃棄物処理シナリオを構築した。仮置場の確保面積については、愛知県碧南市のオープンスペースの確保割合に応じて、50%、25%、10%の３ケースとした。前述の必要仮置場面積推定結果より、確保割合 50%を基準とした。運搬車両数については、愛知県碧南市の地域防災計画に示されている災害時に使用可能なトラック数の確保割合に応じて 200%、100%、50%の３ケースとした。確保割合 200%については、他地域からの応援があった場合を想定した。処理・再生利用量については、東日本大震災で被災した岩手、宮城、福島３県の災害廃棄物処理実績値（環境省，2017）より品目別仮置場面積あたりの日処理量を算出した。品目別仮置場面積あたりの日処理量と同程度の処理能力を確保できた場合を 100%とし、200%、100%、50%の３ケースとした。政策変数とした仮置場の確保面積、運搬車両数、処理・再生利用量における各３つのケースを組み合わせることにより、27 通りの災害廃棄物処理シナリオを構築した。構築したモデルを用いて各シナリオに対して、搬入期間と処理期間を算出した。

(c) 業務の成果

解析結果を図３－２－⑧－１に示す。仮置場の確保が 10%で、運搬車両、処理・再生利用量はそれぞれ 200%と十分に確保されているケースでの処理期間は、仮置場の確保が 50%、運搬車両、処理・再生利用量が 100%のケースよりも短く算出された。このことから、仮置場が十分確保できない場合においても、運搬車両数、処理・再生利用

量など災害廃棄物の収集運搬を確保することができれば、目標処理期間内に対応できるといえた。仮置場の確保が 50%と十分であるが、運搬車両、処理再生利用量の確保がそれぞれ 50%と不十分なケースの場合、仮置場の確保が 50%、運搬車両、処理・再生利用量が 100%のケースのほうが搬入期間、処理期間ともに短期間になっている。すなわち、仮置場が十分確保できた場合でも、運搬車両、処理・再生利用量を十分確保しなければ処理の遅延が生じることが示しえた。また、仮置場が十分確保されていない場合、運搬車両を十分確保しても、処理が間に合わず運搬能力を有効に活用できない場合があるといえた。以上のことから、仮置場が十分に確保できない場合においては、処理・再生利用量などの災害廃棄物の出口の確保が重要であるといえた。



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
仮置場面積	50	25	10	50	25	10	50	25	10	50	25	10	50	25	10	50	25	10	50	25	10	50	25	10	50	25	10
収集運搬車両数	100	100	100	100	100	100	100	100	100	200	200	200	200	200	200	200	200	200	50	50	50	50	50	50	50	50	50
処理・再生利用量	100	100	100	200	200	200	50	50	50	100	100	100	200	200	200	50	50	50	100	100	100	200	200	200	50	50	50

図３－２－⑧－１　シナリオ別の解析結果（仮置場面積，運搬車両数，処理・再生利用量）

(d) 結論ならびに今後の課題

本研究では、仮置場の確保面積と収集運搬を考慮した災害廃棄物処理フローモデルを用いて、南海トラフ巨大地震における愛知県碧南市対象として、災害廃棄物処理の数値解析を行った。その結果、災害廃棄物処理において、仮置場の確保のみならず、収集運搬の確保、処理・再生利用などの出口の確保が重要であると指摘した。今後、災害廃棄物処理期間を短縮し、復旧・復興を推進するという観点からは、仮置場の確保だけでなく、収集運搬および処理・再生利用先の確保が重要であり、市町村、県、国との広域連携や広域処理についても数値解析等による具体的な検討を行うことが重要である。

(e) 引用文献

1) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部：東日本大震災等の経験に基づく災害廃棄物処理の技術的事項に関する報告書，2017

(3) 平成 31 年度業務計画案

広域リスク評価については、災害パターンの類型化手法を高度化して広域的に評価を行うとともに、類型毎に災害シナリオを作成する。その際、地域の類型化の結果から、各シナリオで地域類型毎に被害・復旧状況について整理する。最終的に、本プロジェクトで実施した南海トラフの地震・津波を対象とする現在～将来の確率論的リスク評価や、評価に基づく災害シナリオ等の研究成果をとりまとめ、1-e と連携し、地域リスク評価とともに、「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム」を介して外部に提供可能にする方針である。

地域リスク評価については、自治体のアクションプランへの反映、地域の減災戦略構築、地域企業の BCP/DCP 検討等への展開を目標に、対象地点に対する地震動、地盤応答と堤防沈下予測、市街地津波氾濫水予測を可能とする。加えて、発災後対応を視野に入れた庁舎建物の構造・室内被害評価、対策計画等の実効性の向上に資する重要道路の抽出、上水道の設備投資方針決定判断材料の提供を行う。また、地域の経済被害については、広域リスク評価での経済被害の評価手法と同様の応用一般均衡モデルを用いているため、広域と地域の経済的連関にも着目しつつ、詳細な産業連関表に基づく地域の経済被害を推計する。さらに、中長期的な視点から、廃棄物処理に対する災害時空間的減災戦略の構築や災害対応リソースに関する優先順位検討や地域スケールでの復興計画策定に資する情報提供を行う。最終的な成果の取りまとめの方針としては、予測技術の確立によりこれまでに検討した地域リスクの総合的評価に基づき、地域の状況に応じた重要リスクの抽出と評価について整理し、地域の自治体等の防災計画等への基礎的資料としての活用に資する。また、1-e と連携し、全体リスク評価とともに「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォー ム」を介して外部に提供可能にする。さらには、2016 年熊本地震や 2018 年に発生した一連の自然災害などを踏まえ、本プロジェクトで評価の俎上に載ることのなかった重要リスクの抽出と課題整理を行う。

3.3　防災・減災対策研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目　「防災・減災対策研究」

(b) 担当者（◎は各地域（括弧内）の代表幹事）

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター	上席技術研究員	◎金田　義行（四国、九州）
	グループリーダー	高橋　成実
	グループリーダー	堀　高峰
	技術研究員	今井　健太郎
	特任技術研究員	兵藤　守
	特任技術研究員	中田　令子
	特任技術スタッフ	大林　涼子
国立大学法人名古屋大学 減災連携研究センター	教授	◎福和　伸夫（東海）
	教授	野田　利弘
	寄附研究部門教授	武村　雅之
	産学協同研究部門教授	田代　喬
	寄附研究部門教授	利藤　房男
	特任教授	護　雅史
	特任教授	新井　伸夫
	准教授	平山　修久
	寄附研究部門准教授	都築　充雄
	産学協同研究部門准教授	菅沼　淳
	寄附研究部門准教授	山﨑　雅人
	特任准教授	倉田　和己
	産学協同研究部門助教	北川　夏樹
環境学研究科	助教	平井　敬
災害対策室	教授	飛田　潤
国立大学法人京都大学 防災研究所	教授	◎牧　紀男（関西）
国立研究開発法人防災科学技術研究所	部門長	藤原　広行
	総括主任研究員	青井　真
	主任研究員	中村　洋光
	主任研究員	前田　宜浩
	主任研究員	田口　仁
	主任研究員	李　泰榮
	主幹研究員	大角　恒雄

	研究員 研究員 研究員	東　宏樹 崔　青林 水井 良暢
国立大学法人東北大学 災害科学国際研究所	教授 准教授 プロジェクト講師	今村 文彦 佐藤 翔輔 保田 真理
国立大学法人東京大学 地震研究所	教授 特任助教	古村 孝志 原田 智也
国立大学法人徳島大学大学院	教授	馬場 俊孝

(c) 業務の目的

理学・工学・社会学の研究者が最新の研究成果を、地域の防災・減災対策に活かすため、行政やライフライン担当者との闊達な議論を通じて、より実践的な防災・減災対策を目指す。また、地方自治体やライフライン事業者に加え、積極的に市民参加の減災カフェなどを通じて一般社会へも情報発信する。

(d)7 か年の年次実施業務の要約

これまで地域の防災・減災にとってどのような災害シナリオを考えるべきなのか、地域研究会を開催して議論を進めてきた。この地域研究会を発展させ、前半で地方自治体やライフライン事業者から課題を聞きつつ、プロジェクト関係者からの残された課題を含め最新の成果のインプットに重点を置き、後半で具体的な社会実装に向けた提案・対策案をまとめる。また、地方自治体だけではなく、内閣府をはじめとする府省の動向も把握しつつ、経済界やライフライン企業、地元大学とも連携して防災・減災対策の推進を図る。前半は、サブテーマ１で期待される成果である被害予測やデータベース構築などを逐次、地方行政のシステムに実装にすることを検討する。後半では、地域行政による対策としての実装を強化しつつ、社会実装を進めるため、市民参加の減災カフェや地元メディアとも連携した防災減災の啓発活動を開催する。年次実施業務と想定される成果は以下である。

平成 25 年度：

地域研究会の体制を整えて、開催のレールを敷いた。

平成 26 年度：

地域研究会を通じて最新の地震津波防災研究を展開し、現実的な被害予測に対する課題を整理した。地域防災のボトルネックとなる課題について調査活動を実施した。

平成 27 年度：

地域研究会を通じて最新の地震津波防災研究を展開し、防災・減災の効果を高める情報発信のあり方を検討した。情報発信の社会実装を進めるために必要な課題を洗い出した。

平成 28 年度：

地域研究会を通じて最新の地震津波防災研究を展開し、課題の洗い出しを継続し、地域行政に活かすための課題を整理した。社会実装を進めるために現実的な復旧・復興対策の検討などに着手した。国レベル、地方自治体レベル両面から実装を見据えた議論を展開した。

平成 29 年度：

地域研究会を通じて、被害予測、情報発信、復旧復興対策等について社会実装の現状を評価し、あらたな社会実装に向けた計画を検討、一部についてはその概要を提案した。新しい災害シナリオについて、対策の可否などを議論した。減災カフェ等を通じた啓発活動を進めた。

平成 30 年度：

地域研究会を通じて、これまでの研究成果の社会実装システムを提案し、地域側との連携を深化させた。地域に適した防災・減災対策を整理し、地方自治体と連携して、防災・減災対策の有効性の確認を行い、地域防災に活かすための方策や１-(e)の情報発信プラットフォームも含めた情報発信システムの利活用の検討も始めた。減災カフェやマスコミ勉強会を通じた啓発活動を進めた。

平成 31 年度：

地域研究会を通じて、地方自治体との連携を図り、地域防災に活かすための方策や情報発信システムの利活用を検討し、地震前後のシナリオを整理する。地域防災の再検討や再構築の試みを評価し、地域毎に自律的・継続的な活動が可能な方向性等を提供する。市民参加の減災カフェ等、地元メディアとも連携して、防災・減災のための啓発活動を進める。

(e) 平成 30 年度業務目的

東海、関西、四国、九州の４か所で地域研究会を開催し、国や府県、市町、ライフライン事業者、地域の大学等から防災・減災対策の課題やニーズを抽出して社会実装の現状を評価、プロジェクトの研究成果紹介を継続する。これまで抽出された課題やニーズを踏まえ、研究成果の社会実装への提案やその体制を検討し、地域側との連携を深化させる。さらに、各県単位など特定の地域に特化した課題やニーズを踏まえ、きめ細かい提案・助言・議論を行うために分科会などの取組みも積極的に検討する。また、各地域・各県の枠を超えた地域連携強化が進み始めていることも視野に入れ、周辺地域の情報収集や他組織との連携なども実施する。加えて、研究成果の社会普及や啓発のために防災・減災カフェ等を開催する。

(2) 平成 30 年度成果

(a) 業務の要約

これまで通り、東海、関西、四国、九州と４つのエリアに分けて、県などの自治体、国土交通省地方整備局や気象台、海上保安本部等の国の機関（地方支分部局）、ライフライン事業者、港湾事業者、経済団体、地域の大学などの地域側のメンバー

とプロジェクト側のメンバーが集まり地域研究会を実施した。各エリアを担当する幹事が主導して、南海トラフ地震の防災減災対策に関する国の動向や前回までの地域研究会における議論、アンケート結果等の要望を踏まえて地域の事情に即したテーマを定め、そのテーマに適した話題を提供し、意見交換や議論を行った。研究成果の利活用など地域への社会実装や連携の深化に向けて、プロジェクト側の成果を報告し、地域の防災減災対策上のニーズや課題の洗い出しを行った。一部地域では成果の実装の試行が始まり、地域研究会においてその進捗を紹介し、意見の収集も行った。さらに、南海トラフ地震の震源域で異常な現象が観測された場合に出される臨時情報については、地域が直面する課題を聞き取り、プロジェクト側からはこれまで得られた知見などを紹介するなどして、意見交換を深化させた。

東海地域研究会では、愛知県、静岡県、岐阜県、三重県のエリアを対象として、愛知県名古屋市内と愛知県津島市内で各１回開催した。企業の防災減災対策、人材育成、プロジェクト成果実装に向けた試行、津波対策、災害廃棄物処理に関する話題提供に基づき意見交換や議論を行った。津島市での地域研究会では、近隣の名古屋港にある物流拠点等の見学会も実施した。これら議論から、プロジェクト成果実装に向けた試行についての有益なコメントとそのフィードバックが成され、ライフライン企業や経済界との連携強化が確認され、これまでの取り組みを継続していくことになった。

関西地域研究会では、大阪府、兵庫県、和歌山県のエリアを対象として、大阪市内で２回開催した。行政の防災減災対策、企業の防災減災対策、南海トラフで半割れの巨大地震が発生した場合や異常な現象が観測された場合の理学や社会学的な知見紹介などの話題提供に基づき、意見交換や議論を行った。企業の防災減災対策の重要性が再認識され、プロジェクトとしても地元行政と連携したこうした取り組みをさらに進めていくことになった。南海トラフ地震の震源域で異常な現象が観測された場合の行政やライフライン企業等の課題に関する意見交換も継続していくことになった。

四国地域研究会では、愛媛県、香川県、高知県、徳島県のエリアを対象として、愛媛県松山市内で１回開催した。南海トラフ地震の震源域で異常な現象が観測された場合に出される臨時情報に関連してプロジェクト側から最新の知見を中心に研究の視点から話題提供を行い、地元行政（県）が抱える臨時情報に関する課題等について紹介していただき意見交換や議論を行った。地域研究会に加え、香川、高知、徳島の各県危機管理担当との分科会を各１回開催した。このうち香川の分科会は、情報の扱い等に重点を置き、香川県危機管理担当だけでなく、他の地域研究会参画メンバーやそれ以外の業種にも参加いただいた。これらの議論等から、南海トラフ地震の震源域で異常な現象が観測された場合を踏まえた減災対策、地震津波海底観測網の利活用、四国四県の連携について今後も議論の中心とし、特に前者２つについてプロジェクト成果実装の具体化を進めていくことになった。

九州地域研究会では、大分県、宮崎県、鹿児島県、熊本県、福岡県のエリアを対象として、宮崎市内で１回開催した。四国地域研究会と同様に、南海トラフ地震の

震源域で異常な現象が観測された場合に出される臨時情報に関連してプロジェクト側から最新の知見を中心に研究の視点から話題提供を行い、地元行政（県）が抱える臨時情報に関する課題等について紹介していただき意見交換や議論を行った。分科会は、宮崎県の危機管理担当と４回開催した（うち１回は宮崎県が事務局の協議会への参加）。これら議論等から、四国同様に南海トラフ地震の震源域で異常な現象が観測された場合を踏まえた減災対策、地震津波海底観測網の利活用についてプロジェクト成果実装の具体化を進めていくことになった。さらに、臨時情報に関連する意識向上や啓発は、九州の他県や地方支分部局など、また、宮崎県内の基礎自治体との連携も模索していくことになった。

啓発・啓蒙活動としては、高知市内で高校生を対象とした対話型イベントとして「減災エンス塾」を開催した。高校生の将来を考える上で、また次の世代を担う人材育成という観点からも好評で、関係機関とも継続することが合意された。

(b) 業務の実施方法

1) 東海地域研究会

代表幹事を名古屋大学の福和伸夫氏とし、愛知県、静岡県、岐阜県、三重県のエリアを念頭に研究成果を地域に還元して防災・減災対策に活かし、地域のニーズを吸い上げ、今後とるべき防災・減災対策を洗い出し、成果の実装を進めるため、夏季に愛知県名古屋市内（名古屋大学減災館）で、冬季に愛知県津島市内（津島文化会館）で各１回開催した。また、地域側のニーズや感想も出来るだけ吸い上げるために研究会の際にはアンケートも実施した。地域側参加メンバーは、各県と政令市や中核市などの地方自治体、国土交通省中部地方整備局、第四管区海上保安本部、各地方気象台といった地方支分部局、ライフライン事業者、港湾事業者、経済団体、地元の有力企業、地域の大学などであった。津島市で開催した冬季の研究会では、研究会に先立って東海地域の物流や電力インフラの拠点となる名古屋港臨海部のそれら施設と、その地域の基礎自治体の防災施設の見学を行い、当日の研究会の議論に役立てた。

2) 関西地域研究会

代表幹事を京都大学の牧紀男氏とし、大阪府、兵庫県、和歌山県のエリアを念頭に研究成果を地域に還元して防災・減災対策に活かし、地域のニーズを吸い上げ、今後とるべき防災・減災対策を洗い出し、成果の実装を進めるため、地域研究会を秋季に大阪市（メルパルク大阪）で、冬季も大阪市内（ホテルプリムローズ大阪）で各１回開催した。また、地域側のニーズや感想も出来るだけ吸い上げるために研究会の際にはアンケートも実施した。地域側参加メンバーは、各府県と大阪市などの地方自治体、国土交通省近畿地方整備局、第五管区海上保安本部、大阪管区および各地方気象台といった地方支分部局、ライフライン事業者、港湾事業者、経済団体、地域の大学などであった。

3）四国地域研究会

代表幹事を海洋研究開発機構の金田義行氏とし、愛媛県、香川県、高知県、徳島県のエリアを念頭に研究成果を地域に還元して防災・減災対策に活かし、地域のニーズを吸い上げ、今後とるべき防災・減災対策を洗い出し、成果の実装を進めるため、地域研究会を秋季に松山市内（ホテルマイステイズ松山）で 1 回開催した。また、地域側のニーズや感想も出来るだけ吸い上げるために研究会の際や他の機会においてアンケートも実施した。地域側参加メンバーは、各県と市町などの地方自治体、国土交通省四国地方整備局、各地方気象台といった地方支分部局、ライフライン事業者、地域の大学などである。地域研究会と平行して、地域ごとのニーズや特性をより詳しく把握するための分科会の実施も検討した。対象は四国４県の防災部局であり、それぞれと個別に議論を深める事案が生じた場合など必要に応じて柔軟に実施することとした。平成 30 年度は高知県と徳島県と各１回、香川県とは情報の扱い等の議論を深めるために、香川県や他の地域研究会通常参画メンバーに加え、マスメディアも含め参加範囲を広げた分科会を１回開催した。

4）九州地域研究会

代表幹事を海洋研究開発機構の金田義行氏とし、大分県、鹿児島県、宮崎県、熊本県、福岡県のエリアを念頭に研究成果を地域に還元して防災・減災対策に活かし、地域のニーズを吸い上げ、今後とるべき防災・減災対策を洗い出し、成果の実装を進めるため、地域研究会を秋季に宮崎市内（KITEN ビル）で１回開催した。地域側のニーズや感想も出来るだけ吸い上げるために研究会の際にはアンケートも実施した。地域側参加メンバーは、各県と市町などの地方自治体、国土交通省九州地方整備局、地方気象台といった地方支分部局、ライフライン事業者、経済団体、地域の大学などである。地域研究会と平行して、地域ごとのニーズや特性をより詳しく把握するための分科会の実施も検討した。分科会の主な対象は大分県、鹿児島県、宮崎県の３県の防災部局であり、それぞれと個別に議論を深める事案が生じた場合など必要に応じて柔軟に実施することとした。平成 30 年度は宮崎県と４回開催した。なお、そのうち１回は宮崎県が事務局の九州全域がメンバーである協議会への参加で、宮崎県が事務局であることから宮崎分科会と位置づけた）。

5）啓発・啓蒙活動

一般の皆様へ地域の防災減災上の課題などを深く共有するための取組みとして、平成 26 年度より少人数による対話型イベント「減災エンス塾」を開催しており、平成 30 年度は高校生を対象としたものを高知市内で１回実施した。

(c) 業務の成果

平成 30 年度の各地域研究会の実績は次のとおり（表３－３－①－１）。

表３－３－①－１　平成 30 年度の各地域研究会実績一覧

研究会名	話題提供	提供者
第11回東海地域研究会 平成30年７月17日（火） 14：00～17：15 名古屋大学減災館	企業の大規模地震への備えの現状と課題	一般社団法人中部経済連合会
	経験・共有の継承を通した災害対応人材育成のあり方	東北大学 災害科学国際研究所　佐藤 翔輔　准教授
	碧南市を対象とした『地震・津波被害予測研究』 （地域リスク評価）の適用事例の紹介	名古屋大学 減災連携研究センター　野田 利弘　教授
第12回東海地域研究会 平成31年１月21日（月） 14：00～17：00 津島文化会館 小ホール	伊勢・三河湾における津波・高潮	名古屋大学 大学院環境学研究科　富田 孝史　教授
	災害廃棄物処理からみた我が国の災害対応リソース	名古屋大学 減災連携研究センター　平山 修久 准教授
第11回関西地域研究会 平成30年11月1日（木） 14：00～17：00 ホテルメルパルク大阪 ３階「ボヌール」	南海トラフ地震に備えた大阪府の取り組み －大阪府北部を震源とする地震への対応を踏まえて－	大阪府 危機管理室 防災企画課
	企業の大規模地震への備えの現状と課題	一般社団法人中部経済連合会
第12回関西地域研究会 平成31年２月４日（月） 14：00～17：00 ホテルプリムローズ大阪 ２階「鳳凰（東）」	半割れ、もしくはM7クラスが発生したときの 次の地震の予測の可能性	京都大学／理化学研究所革新知能統合研究センター 平原　和朗　名誉教授／非常勤研究員
	南海トラフ沿いの異常な現象への防災対応 ～理科から社会へ～	名古屋大学 減災連携研究センター 福和　伸夫　センター長・教授
第８回四国地域研究会 平成30年10月30日（火） 14：00～17：00 ホテルマイステイズ松山 ３階「ドゥエミーラ」	南海トラフ巨大地震への備え ― 海底観測網と臨時情報対応 他 ―	香川大学／海洋研究開発機構 金田　義行　特任教授／上席技術研究員
	各県の南海トラフ地震の取り組みと 「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」について	高知県 危機管理部 南海トラフ地震対策課 愛媛県 県民環境部 防災局 防災危機管理課 香川県 危機管理総局 危機管理課 徳島県 危機管理部 とくしまゼロ作戦課
第８回九州地域研究会 平成30年10月15日（月） 13：00～16：00 KITENビル ８階 コンベンションホール 大会議室	南海トラフ巨大地震への備え ― 海底観測網と臨時情報対応 他 ―	香川大学／海洋研究開発機構 金田　義行　特任教授／上席技術研究員
	各県の南海トラフ地震の取り組みと 「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」	鹿児島県 危機管理局 危機管理防災課 大分県 生活環境部 防災局 防災対策企画課 宮崎県 総務部 危機管理局 危機管理課 熊本県 知事公室 危機管理防災課

1）東海地域研究会

平成 30 年度は、平成 30 年７月 17 日（火）と平成 31 年１月 21 日（月）に愛知県名古屋市内と愛知県津島市内において各１回、計２回の地域研究会を開催した。代表幹事は名古屋大学減災連携研究センター長 福和伸夫氏、事務局は海洋研究開発機構が務めた。以下、各研究会の内容をまとめる。

７月 17 日の第 11 回東海地域研究会は名古屋大学減災館で開催した（写真３－３－①－１）。出席メンバーは、愛知県、三重県、岡崎市、豊橋市、名古屋市、名古屋港管理組合、碧南市、第四管区海上保安本部、岐阜地方気象台、津地方気象台、名古屋地方気象台、国土交通省中部地方整備局、日本地震工学会、中部経済連合会、中部電力株式会社、東邦ガス株式会社、公益財団法人名古屋まちづくり公社の 17 機関、26 人であった。プロジェクト側は、名古屋大学、海洋研究開発機構、東北大学、防災科学技術研究所、江戸川大学、国土地理院（オブザーバー）、文部科学省（オブザーバー）の７機関、27 人であった。一般社団法人中部経済連合会審議役・調査部長 川瀬康博氏より「企業の大規模地震への備えの現状と課題」と題して、中部圏の経済界における大規模地震対策を紹介した。都市の維持と地元産業の維持は密接にかかわっており両者の備えや発災後の早い立ち上がりの重要性、サプライチェーンの連携や企業としての取り組みを継続することの重要性とそれを継続していく上での課題などが議論の中心となった。地域を守り強くする上で、企業の存在があらためて認識された。次に、東北大学災害科学国際研究所准教授 佐藤翔輔氏より「経験・共有の継承を通した災害対応人材育成のあり方」と題して、東日本

大震災などの巨大災害の経験等の収集とその継承、それらを踏まえた次の災害を見据えた人材育成の重要性が紹介された。経験等の収集は直接の聞き取りやアンケート調査であるが、聞きにくい部分や言えない部分も多々ある。例えとして、予めリスクや課題を考える余地があったのではないかという展開にしないときちんとした詳細な情報が収集しにくくなるという指摘もあった。重要かつ貴重なこれらが、継承されずにいずれ消えてしまうことが危惧された。最後に、名古屋大学減災連携研究センター教授 野田利弘氏より「碧南市を対象とした『地震・津波被害予測研究』（地域リスク評価）の適用事例の紹介」と題して、本プロジェクトの防災分野の課題である地震・津波被害予測研究の成果である広域リスク評価と地域リスク評価の手法を用いた愛知県碧南市と連携した実装事例の紹介があった。本音が出なければこうした取り組みで成果を出すことが難しいという指摘や、一応の成果が出たあとの他の地区への活用を期待する声が聞かれた。研究会内の総合討論や研究会終了後のアンケートからは、経済活動の継続、人材育成、経験の継承の重要性があらためて浮き彫りになった。また、碧南市で実装中のリスク評価への関心・期待の高さが認められた。さらに、他の地域での活用を期待する声もあった。

１月 21 日の第 12 回東海地域研究会は津島氏文化会館で開催した（写真３－３－①－２）。出席メンバーは、岐阜県、三重県、岡崎市、津島市、豊田市、豊橋市、名古屋市、名古屋港管理組合、碧南市、四日市市、第四管区海上保安本部、岐阜地方気象台、津地方気象台、名古屋地方気象台、中部地方整備局、名古屋工業大学、中部経済連合会、中部電力株式会社、東邦ガス株式会社、トヨタ自動車株式会社、名古屋第二赤十字病院、公益財団法人名古屋まちづくり公社、日本郵便株式会社（オブザーバー）の 23 機関、33 人であった。プロジェクト側は、名古屋大学、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所、京都大学、国土地理院（オブザーバー）、文部科学省（オブザーバー）の６機関、27 人であった。名古屋大学大学院環境学研究科教授 富田孝史氏が「伊勢・三河湾における津波・高潮」と題して、浸水予測の最新のシミュレーションや知見の紹介、その被害軽減対策について紹介した。南海トラフ地震の津波浸水の排水に関するシミュレーションの詳細や到達するまでの対処の仕方、ゼロメートル地帯の浸水対策の現在の課題などについて議論された。 次に、名古屋大学減災連携研究センター准教授 平山修久氏が「災害廃棄物処理からみた我が国の災害対応リソース」と題して、被災後の瓦礫処理などの課題が紹介された。公費解体における課題と瓦礫処理の新しい考え方に対する議論があり、南海トラフ地震が発生した場合の対処が相当大変なものとなることが参加者に認識された。同研究会の議論に役立てるため、過去のアンケートでも要望が多い見学会を、同研究会に先立って当日午前に実施した（写真３－３－①－３）。研究会でも議論を重ねていく経済被害に関する見識を深めるため、東海地域の物流拠点や電力インフラの重要拠点の１つである名古屋港奥にあたる海部地区のそれらを見学し、広大な平坦な土地であるメリットが、広大なゼロメートル地帯というリスクであることを認識し、個別の課題などの午後の議論に役立てた。研究会内の総合討論や研究会終了後のアンケートからは、あまり具体的な情報が知られていなかった災害廃棄物

処理の課題や津波浸水のリスクとその排水に関する知見紹介について評価するコメントがあった。そして、南海トラフ沿いの異常な現象が観測された場合に出される臨時情報に関する課題抽出やその情報発信の有り方などについて関心が多数寄せられた。

これまでの東海地域研究会では、特にこの東海地域が、関係組織とその関わりが複雑であることとライフライン事業者が相互に依存しあっている現状を指摘してきた。それらを踏まえ、本プロジェクトの防災分野のある研究課題では、そのリスク評価の成果を愛知県碧南市へ集中的に投入して社会実装する仕組みの構築を継続中である。東海地域研究会の課題や今後の議論、成果の社会実装の方向性としては、この進捗を紹介し議論を行い、かつ他地域への展開のきっかけを作っていくことである。また、人材育成や経験の伝承、そしてアンケートでも多くのコメントがあった臨時情報に関しては、本プロジェクトの調査観測・シミュレーション分野の理学的な知見等を重ねて、そうした知見の実装を目指した議論の場としていくことになった。

写真３－３－①－１　第 11 回東海地域研究会の様子（名古屋大学減災館）

写真３－３－①－２　第 12 回東海地域研究会の様子（津島氏文化会館）

写真３－３－①－３　名古屋港臨海部見学会
写真左：地元基礎自治体の防災施設
写真右：ゼロメートル地帯の様子（河川の水位より住宅地の方が低い）

2）関西地域研究会

平成 30 年度は、平成 30 年 11 月１日（木）と平成 31 年２月４日（月）に大阪市内において２回の地域研究会を開催した。代表幹事は京都大学防災研究所教授 牧紀男氏、事務局は海洋研究開発機構が務めた。以下、各研究会の内容をまとめる。

11 月１日の第 11 回関西地域研究会はメルパルク大阪で開催した（写真３－３－①－４）。出席メンバーは、大阪府、和歌山県、大阪広域水道企業団、第五管区海上保安本部、大阪管区気象台、神戸地方気象台、和歌山地方気象台、関西大学、関西国際大学、人と防災未来センター、東海・東南海・南海地震津波研究会、NTT コミュニケーションズ株式会社、大阪ガス株式会社、関西経済連合会、関西電力株式会社、堺・泉北臨海特別防災地区協議会、新日鐵住金株式会社、中部経済連合会、西日本電信電話株式会社、日本郵便株式会社（オブザーバー）の 20 機関 27 人であった。プロジェクト側は、京都大学、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所、国土地理院（オブザーバー）、文部科学省（オブザーバー）、の５機関 10 人であった。大阪府危機管理室防災企画課課長 宍戸英明氏より「南海トラフ地震に備えた大阪府の取り組みー大阪府北部を震源とする地震への対応を踏まえてー」と題して、平成 30 年６月に発生した大阪府北部を震源とする地震の被害状況や行政の対応状況と見えてきた課題について紹介した。大きな地震が起きたときの地震火災のリスク、発災時の行政やライフライン事業者の体制構築や運用に関して質疑応答やコメントが多数寄せられ、BCP 運用についても課題が出された。また、帰宅困難者の対応と行政職員が混乱のために防災拠点にたどり着けない場合の対応についても議論された。次に一般社団法人中部経済連合会審議役・調査部長 川瀬康博氏より「企業の大規模地震への備えの現状と課題」と題して中部圏の経済界における大規模地震対策を紹介した。企業間の連携や集団での防災計画、防災組織の活性化について質疑応答と活発な議論が重ねられた。また大企業と中小企業の課題の違いも言及された。研究会内の総合討論では、自助共助の意識や BCP の策定が進まない理由やそ

れらを広める手立てについて議論され、臨時情報についての議論を深めたいという要望も複数聞かれた。終了後のアンケートからは、自助共助の重要性や関西地域の地震対策について議論を深めるべきというコメントが寄せられた。また、臨時情報を話題する希望も複数あった。なお、この第 11 回関西地域研究会は、夏季に開催予定だったが、6月に発生した大阪府北部を震源とする地震における関係機関の対応を考慮して 11 月に延期した。

２月４日の第 12 回関西地域研究会は大阪市内のホテルプリムローズ大阪で開催した（写真３－３－①－５）。出席メンバーは、大阪府、大阪広域水道企業団、和歌山県、大阪市、高石市、第五管区海上保安本部、大阪管区気象台、神戸地方気象台、和歌山地方気象台、近畿地方整備局、関西大学、関西国際大学、東海・東南海・南海地震津波研究会、NTT コミュニケーションズ株式会社、大阪ガス株式会社、関西経済連合会、関西電力株式会社、堺・泉北臨海特別防災地区協議会、新日鐵住金株式会社、西日本高速道路株式会社、西日本電信電話株式会社、日本郵便株式会社（オブザーバー）の 22 機関 30 人であった。プロジェクト側は、京都大学、海洋研究開発機構、名古屋大学、防災科学技術研究所、江戸川大学、国土地理院（オブザーバー）、文部科学省（オブザーバー）の 7 機関 15 人であった。京都大学名誉教授／理化学研究所 革新知能統合研究センター非常勤研究員 平原和朗氏が「半割れ、もしくは M7 クラスが発生したときの次の地震の予測の可能性」と題して、南海トラフが東半分もしくは西半分が破壊されて巨大地震が発生した際の推移、M7 クラスが発生した場合の推移について、また、日向灘で発生するさまざまな地震について南海トラフ巨大地震発生への影響について紹介した。巨大地震が起きる前の地震活動についても東北地方太平洋沖地震で観測されたデータから言えることを紹介した。次に、名古屋大学減災連携研究センターセンター長 福和伸夫氏より「南海トラフ沿いの異常な現象への防災対応　～理科から社会へ～」と題して、臨時情報に関して防災研究の観点から要点を紹介し、その情報のどこに注意してどう行動すべきかを示した。また理学でわかったことわからないこと、それを受け社会学としての課題や対応を紹介した。さらに、メディアも含めた情報の扱い方も議論した。研究会内の総合討論や研究会終了後のアンケートから今後議論したい内容として、臨時情報に関して、その推移予測も含めた情報提供や議論の深化が多数寄せられた。研究者ではなく行政やライフライン事業者の臨時情報の扱いについても、それぞれの立場からの意見を出して議論したいという意見もあった。

関西地域研究会の今後の議論の方向性としては、本プロジェクトの防災分野の課題で地域の行政等と進めている事前復興について、地域研究会でも議論を行いそれらの深化と実装の一助となることが挙げられる。また、臨時情報と推移予測に関連する知見やプロジェクト成果を地域側にどのように役立てていくかの議論を進めること、経済界の防災減災対策の活性化のきっかけとして地域研究会が役立つこともある。本プロジェクトの防災分野の課題で東海地域において実装が進められているリスク評価手法の関西地域での利活用を検討すること、同じく防災分野の課題で南海トラフ地震に特化した災害情報プラットフォームを用いた図上訓練の実施を

検討すること等も挙げられる。

写真３－３－①－４　第 11 回関西地域研究会の様子（メルパルク大阪）

写真３－３－①－５　第 12 回関西地域研究会の様子（ホテルプリムローズ大阪）

3）四国地域研究会・分科会

平成 30 年度の四国地域研究会は、平成 30 年 10 月 30 日（火）に高知市内で開催した。分科会は、高知分科会および香川分科会を平成 31 年２月８日（金）に高松市内で、徳島分科会を平成 31 年２月 26 日（火）に徳島市内で行った。代表幹事は海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター上席技術研究員 金田義行氏、事務局は海洋研究開発機構が務めた。以下、各研究会と分科会の内容をまとめる。

10 月 30 日の第８回四国地域研究会は、松山市内のホテルマイステイズ松山で開催した（写真３－３－①－６）。出席メンバーは、愛媛県、香川県、高知県、徳島県、高知市、高知地方気象台、高松地方気象台、徳島地方気象台、松山地方気象台、四国地方整備局、香川大学、四国ガス株式会社、四国電力株式会社、日本郵便株式会社（オブザーバー）の 14 機関 33 人であった。プロジェクト側は、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所、文部科学省（オブザーバー）の３機関８人であった。四国地域研究会代表幹事の海洋研究開発機構上席技術研究員 金田義行氏から「南

海トラフ巨大地震への備え―海底観測網と臨時情報対応 他―」と題して、南海トラフに整備及び整備中の地震津波海底観測網の利活用に関する最新情報とその利活用が紹介され、さらに臨時情報と推移予測について理学的な知見を中心に解説した。次に各県の防災担当部署より「南海トラフ地震の取り組みと『南海トラフ地震に関する情報（臨時)』について」として、各県の取り組みの現状や課題について紹介した。具体的には高知県危機管理部南海トラフ地震対策課、愛媛県県民環境部防災局防災危機管理課、香川県危機管理総局危機管理課、徳島県危機管理部とくしまゼロ作戦課が行った。国からのガイドラインが未だであるものの、それぞれが独自に調査検討して対策を進めていた。総合討論では地震津波海底観測網の利活用の先進事例、臨時情報に関する各県が抱える課題やいずれ国から出されるガイドラインを受けての防災減災計画の検討に関する意見が出された。研究会終了後のアンケートでも臨時情報に関する知見の紹介や議論、地震津波海底観測網の利活用の先進事例紹介を継続する希望が多かった。

分科会は香川分科会、高知分科会、徳島分科会の３つを行った。香川分科会は通常の分科会ではなく拡大版として２月８日にサンポートホール高松で開催した（写真３－３－①－７）。香川県をはじめとする出席メンバーは四国地域研究会参画メンバーである愛媛県、高知県、徳島県、徳島市高松地方気象台、四国地方整備局、香川大学、高知工科大学、四国電力株式会社に、マスメディアや医療関係者も加わり、情報リテラシーの観点も含めて臨時情報の扱いについて、理学、行政、社会学の立場から話題提供を行い様々な課題について議論した。特にマスメディアが参加したしたことで、情報発信に関する議論が深められた。高知分科会は、この拡大版香川分科会の前に高知県の南海トラフ地震対策の担当と海洋研究開発機構で行った。高知における津波浸水予測やその避難ルートと避難場所の整備について意見交換を行った。徳島分科会は２月 26 日（火）に徳島県庁で行った（写真３－３－①－８）。出席メンバーは徳島県と海洋研究開発機構であった。徳島県に特化した臨時情報の扱いや長期湛水シミュレーションに関する議論、また、徳島県が運用している災害情報の共有システムについて海洋研究開発機構に紹介いただいた。なお、愛媛県とは分科会の開催には及ばなかった。これは、非定期に行っている情報共有と意見交換で平成 30 年度は結果的に事足りたからである。

四国地域研究会の課題や今後の議論、成果の社会実装の方向性としては、臨時情報の扱いが推移予測の議論も含めて主要テーマとなる。プロジェクトの理学的な成果等の情報を参画メンバーに理解していただき、何らかの利活用をプロジェクト側と進める場とすることである。まずは分科会において、プロジェクト側が提供できる知見や国から出される情報について整理し、その考え方や扱いと地域への発信の仕方の議論を深めることを検討したい。地域研究会の機会だけでなく他の機会も含めて、プロジェクトの理学的な知見の理解増進や行政等の防災減災計画の検討に資する情報提供を行う。防災分野の課題で南海トラフ地震に特化した災害情報プラットフォームを用いた図上訓練実施の検討や地震津波海底観測網の利活用の議論の継続も挙げられる。当然、四国４県の連携、教育・啓発も重要な位置づけであるこ

とは変わらない。

写真３－３－①－６　第８回四国地域研究会の様子（ホテルマイステイズ松山）

写真３－３－①－７　拡大香川分科会

写真３－３－①－８　徳島分科会

4) 九州地域研究会・分科会

平成 30 年度の九州地域研究会は、10 月 15 日（月）に宮崎市内で開催した。分科会は平成 30 年８月 28 日（火）、９月 21 日（金）、平成 30 年 10 月 15 日（月）、平成 31 年２月 12 日（火）に宮崎分科会を行った。代表幹事は海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター上席技術研究員 金田義行氏、事務局は海洋研究開発機構が務めた。以下、各研究会と分科会の内容をまとめる。

10 月 15 日の第８回九州地域研究会は宮崎市内の KITEN ビルコンベンションホールで開催した（写真３－３－①－９）。出席メンバーは、大分県、鹿児島県、熊本県、福岡県、宮崎県、延岡市、宮崎市、宮崎地方気象台、九州運輸局、九州地方整備局、名古屋工業大学、宮崎大学、九州電力株式会社、株式会社 IABC、新日鐵住金株式会社、日本郵便株式会社（オブザーバー）の 16 機関 36 人であった。プロジェクト側は、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所、文部科学省（オブザーバー）３機関９人であった。海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター上席技術研究員 金田義行氏から「南海トラフ巨大地震への備え― 海底観測網と臨時情報対応 他―」と題して、南海トラフに整備及び整備中の地震津波海底観測網の利活用に関する最新情報とその利活用が紹介され、さらに臨時情報と推移予測について理学的な知見を中心に解説した。次に各県の防災担当部署より「南海トラフ地震の取り組みと『南海トラフ地震に関する情報（臨時）』について」として、各県の取り組みの現状や課題について紹介した。具体的には鹿児島県危機管理局危機管理防災課、大分県生活環境部防災局防災対策企画課、宮崎県総務部危機管理局危機管理課、熊本県知事公室危機管理防災課が行った。各県とも独自に検討を始めており、それらを元に必要な情報や課題の洗い出しと今後の進め方の議論が深まった。総合討論では臨時情報に限らず周辺自治体との連携や南海トラフ地震に関する意識向上の手立てについて意見が交わされた。地震津波海底観測網については今後の利活用検討に関する意見が交わされた。研究会終了後のアンケートでも臨時情報に関する知見の紹介とその議論を継続する希望が寄せられており、企業における臨時情報の対応も話題に挙げるとよいという意見もあった。さらに、日向灘や豊後水道に接する県が多いこともあり日向灘の地震と南海トラフ地震との関連性や地震津波海底観測網の利活用の先進事例紹介を継続する希望も目立った。

分科会は４回開催した（写真３－３－①－10）。その一回目は平成 30 年８月 28 日の宮崎県危機管理局が事務局の南海トラフ巨大地震対策九州ブロック協議会（今回の開催場所は熊本県庁内）である。これは以前の宮崎分科会での議論がきっかけとなり継続的に実施されているもので、今回も同協議会で九州地域研究会代表幹事金田義行氏が南海トラフ地震研究の紹介と臨時情報に関する話しを行い、九州全県の連携が念頭におかれた全体議論に参加したことから、同会を宮崎分科会と位置付けた。南海トラフ地震対策について、特に臨時情報に関して九州全県での連携した対応が求められていることが共通認識された。さらに、平成 30 年９月 21 日、10 月 15 日、平成 31 年２月 12 日には宮崎県危機管理課担当者と宮崎県庁でそれぞれ分科会を実施した（写真３－３－①－11）。臨時情報に関する課題の抽出や意見交

換、地震津波海底観測網の利活用に関する意見交換、宮崎県内の基礎自治体に対する勉強会の実施について話し合った。なお、10 月 15 日は九州地域研究会開催前の当日午前に、同研究会の事前打合せも兼ねた分科会となった。さらに、２月 12 日は分科会の後、宮崎県が主催する県内基礎自治体向けの説明会で金田義行氏が南海トラフ地震研究や臨時情報と推移予測に関する理学的な知見を中心に紹介し、その後のグループ討論には、金田氏に加え海洋研究開発機構の高橋成実氏、今井健太郎氏も加わり活発な討論が行われた。大分県、鹿児島県、熊本県、福岡県とは分科会の開催には及ばなかった。これは、非定期に行っている情報共有と意見交換で平成 30 年度は結果的に事足りたからである。

九州地域研究会の課題や今後の議論、成果の社会実装の方向性としては、四国地域研究会と同様、臨時情報の扱いが推移予測の議論も含めて主要テーマとなる。プロジェクトの理学的な成果等の情報を参画メンバーに理解していただき、何らかの利活用をプロジェクト側と進める場とすることである。まずは分科会において、プロジェクト側が提供できる知見や国から出される情報について整理し、その考え方や扱いと地域への発信の仕方の議論を深めることを検討したい。地域研究会の機会だけでなく九州ブロック協議会や県主催の説明会など他の機会も含めて、プロジェクトの理学的な知見の理解増進や行政等の防災減災計画の検討に資する情報提供を行う。防災分野の課題で南海トラフ地震に特化した災害情報プラットフォームを用いた図上訓練実施の検討や地震津波海底観測網の利活用の議論も、特に津波被害が大きい県を中心に継続することが挙げられる。南海トラフ地震の直接的な被害は大きくない評価となっている県も含め、九州全域での連携、教育・啓発も重要である。

写真３－３－①－９　第８回九州地域研究会（KITEN ビルコンベンションホール；宮崎市）

写真３－３－①－10　宮崎分科会の様子の例
左：九州ブロック協議会　平成 30 年８月 28 日
右：宮崎県庁　平成 31 年２月 12 日

写真３－３－①－11　宮崎県基礎自治体向けの説明会の様子
左：南海トラフ地震研究や臨時情報に関する講演
右：基礎自治体のグループ討論会

5）啓発・啓蒙活動

対話型イベントとして平成 26 年度より高知市内の寺田寅彦記念館において「高知減災エンス塾　寺田寅彦先生の地球科学観に学ぶ ―減災科学研究（げんさいえんす）の推進―」を行っている。平成 30 年度は、高校生向けとしては通算四回目となる同塾を、11 月 10 日（土）に開催した（写真３－３－①－12）。講師は海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター上席技術研究員 金田義行氏であった。大学で津波の研究をしたい方、将来の職業として建築士、医療関係、防災に関する仕事に就くことを目指す方々、学校で地震や津波の課題研究をやっている方々など高知県内の高校生 13 名が参加した。オブザーバーとして高知県内高校の教諭ら５名の参加があった。高校生を対象としていることから、最新の研究成果紹介だけでは無く、地球科学の基礎知識や、全ての学問分野において防災・減災の課題があること、全ての学問や身近なちょっとしたところから防災減災の取り組みが始め

られること等を紹介した。参加者からは、「街の被害想定をもっと調べ家族や友達に伝えて話し合ってみたい」、「日頃の物事の捉え方や考え方のちょっとした違いや視点を変えることが大切であることが理解できた」、「避難後のことは考えていなかったが、きちんと考えておかなければならないと思った」、「生徒会の活動に生かしたい」といった声が聞かれた。学校の課題研究の生徒さんは休憩時間や終了後も講師への質問を積極的に行うなど、活発な対話がなされた。オブザーバーの教諭からは「普段の学校では聞く機会の無い内容で、学外に出て自ら学ぶ大切さも実感できる」という評価もいただき、継続の希望が寄せられた。

寺田寅彦記念館　正面

講師の話を真剣に聞く参加者

講師との質疑応答

講演終了後も質問や意見交換が行われた

写真３－３－①－12　第四回高校生高知減災エンス塾
「寺田寅彦先生の地球科学観に学ぶ」の様子

(d) 結論ならびに今後の課題

各地域とも、プロジェクト側からは、最新のプロジェクト成果や最新トピックを紹介し、地域側からは参画メンバーが抱える課題などについて紹介していただき、活発な意見交換や議論が行われた。東海や関西では経済界の課題や、経済界とも連携した事前の減災対策と発災後の対応、さらには事前復興に関する議論が重ねられた。東海では、プロジェクト成果の社会実装としてリスク評価を減災対策に活かすために自治体と連携して進めている取り組みも紹介された。関西では、大阪府北部を震源とする地震に関する話題提供と議論の場をタイムリーに提供できた。もちろん、現在もっとも関心が高い南海トラフで異常な現象が観測された場合に出される臨時情報と推移予測について各地域で多くの時間を割き、理学、工学、社会学の観点から地域に役立つ情報を提供し、また地域側からも課題等を紹介していただき議論を重ねてきた。さらに、四国や九州では行政やライフライン事業者にとっては臨時情報が出た時の対応に

も少なからず関係する可能性のある地震津波海底観測網の利活用についてもこれまで以上に最新情報の提供や議論を重ねることができた。分科会では個別ニーズの掘り起しや特定地域に重点を置いた情報共有と議論を行った。そうした議論から、九州では基礎自治体への臨時情報と推移予測に関する宮崎県主催の説明会に参画し、四国では全県における情報収集と共有や発信に重点を置いた分科会を開催した。地域研究会と分科会を通じて地域側からは、臨時情報が出たあとの推移予測も含め、情報提供や議論の継続希望が多数寄せられている。また、先進的に進められている自治体と連携したリスク評価の他地域への適用の可能性や、地震津波海底観測網の利活用についても大きな関心が寄せられており、本プロジェクトへの期待は更に高まっていると言える。そして、南海トラフ地震における防災減災対策研究の幅広い情報発信と議論の場として地域研究会の存在は確立しつつあると言える。

こうした話題提供や議論、現状分析から、社会実装や地域連携を行う研究内容は定まりつつある。今後の課題としては、これらの情報発信と議論の場という位置づけだけでなく、さらに一歩踏み込んだ形で、プロジェクト成果の実装や地域連携の深化と広がりを進める場である意識をこれまで以上に打ち出すことと考えている。実装や地域連携深化と広がりを行う具体的な例は、まず、臨時情報と推移予測であり、本プロジェクトの成果や知見も含めたさまざま情報提供と議論の場を提供することにより地域側がそれらを活用することが出来る。また、リスク評価も現在進めている地域では実現の目処がついており、その他地域展開に寄与することも挙げたい。以前の地域研究会で試験利用を案内した本プロジェクトで構築中の南海トラフ地震に特化した災害情報プラットフォームを用いた図上訓練を地域研究会の機会を利用して実施することも検討する。このプラットフォームにも付与される即時津波浸水予測などの地震津波海底観測網の利活用についても地域側から関心が高く、地域研究会の機会を利用して試験的な利用の範囲を広げたい。自治体等と連携した事前復興の取り組みが本プロジェクト内で進んでおり、地域研究会の機会を利用して他地域への情報共有を行って他地域での今後の防災計画作成などに資するきっかけの提供を検討する。さらに情報リテラシーの向上にも地域研究会の場が活かされることも検討したい。

プロジェクトも終盤を迎え、前項の地域連携や社会実装などの実現を加速していかなければならない。そこには地域研究会の自律というキーワードを念頭におき、地域側とプロジェクト側の接点の場としての地域研究会を実施していく。

(e) 引用文献

なし

(3) 平成 31 年度業務計画案

東海、関西、四国、九州の４か所で地域研究会を開催し、地域の意識向上と防災減災対策に資する情報提供を継続する。自治体や地域の大学との連携も含めた様々な地域特性に合わせた取り組みが進み始めており、新たな懸案である臨時情報に関する地域特有の課題も共有し、対策の最適化や深化を推進する。きめ細かい提案・

助言・議論のために分科会などの取組みも実施し、また、情報共有と情報発信の強化のために、これまでの地域研究会の枠組みを広げた連携も検討する。これらより、避難の在り方や早期復旧を念頭に、地域連携と行政による研究成果の利活用など社会実装の提案を行い、現在進めている社会実装を更に拡張する。加えて、研究成果の普及や啓発・人材育成のために防災・減災カフェ等を開催する。

3.4　災害対応・復旧復興研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目　「災害対応・復旧復興研究」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人　京都大学　防災研究所	教授	牧紀男
国立大学法人　東京大学　生産技術研究所	准教授 特任研究員	加藤孝明 塩崎由人 （平成 30 年 4 月～平成 31 年 1 月）
国立大学法人　東京大学大学院 工学系研究科都市工学専攻	准教授	村山顕人

(c) 業務の目的

将来の地域特性シミュレーション、詳細被害シミュレーション結果にもとづき、南海トラフ巨大地震の各地域の影響についての「納得」プロセスの開発、さらには各地域で想定される影響にもとづき事前の復旧・復興計画策定、災害対応計画の策定を行う。得られた成果は 1－c、e と共有するとともに、被害想定、復旧・復興計画については１－a、b の知見を利用する。

(d) 7 か年の年次実施業務の要約

平成 25 年度：

南海トラフ巨大地震を想定した復興準備のため、歴史的資料や土地利用・建物・人口等の減災に関わる情報の収集及び将来の地域特性評価システムの構築等を行い影響シナリオ構築のための環境整備を行った。また、復旧・復興対策の検討に向けて、地震動の到達時間が短く、既成市街地に津波による大きな被害が想定される地域を対象に、復旧・復興計画立案に必要となる行政制度、地域社会の仕組み、民間の人材、地域災害文化の現状についての基礎的調査を行った。

平成 26 年度：

南海トラフ巨大地震を想定した復興準備のため、歴史的資料等減災関連情報の収集、将来の地域特性評価システムの構築・検証、被害イメージ共有のための基礎的考察と影響シナリオ構築のための環境整備を行った。また、復旧・復興対策の検討に向けて、地震動の到達時間が短く、既成市街地に津波による大きな被害が想定される地域を対象に、復旧・復興計画立案に必要となる行政制度、地域社会の仕組み、民間の人材、地域災害文化の現状についての基礎的調査を行い、事前復興計画を策定するための基礎的検討を行った。

平成 27 年度：

平成 25 度から 26 年度に検討した災害による地域への影響を把握するための「地域特性評価システム」の高度化を行い、災害による影響を定量的に評価可能なシステムの構築を行うとともに、地域研究会における議論を踏まえ一般企業の BCP 策定に資する共通被害シナリオの構築を行った。また事前復興の理論的枠組みの構築を行うため、地域特性をふまえた事前復興のあり方、地震・津波被害の低減に向けた都市計画指針の検討を行った。

平成 28 年度：

影響評価、事前計画システムのプロトタイプ構築について、平成 27 年度までに開発した将来の「地域特性評価システム」を用いて、災害が地域に与える影響の定量的評価の試みを図った。また、将来の地域特性シミュレーション、詳細被害シミュレーションシステムから構成される南海トラフ巨大地震の影響評価システムのプロトタイプの構築を行った。さらに事前復旧・復興計画システムの現地での導入試験を行い、プロトタイプの構築を行った。

平成 29 年度：

影響シナリオ構築シミュレーションの具体的構築、事前復興計画の策定作業を継続する。将来の地域特性シミュレーション、詳細被害シミュレーションシステムから構成される南海トラフ巨大地震の影響評価システムのプロトタイプの構築を行うと共に、事前復旧・復興計画システムの現地での導入試験を行い、現場での活用方法の検討を交えた被害を軽減するためのまちづくり方策プロトタイプの構築を行った。

平成 30 年度：

影響シナリオ構築シミュレーションの精緻化と、事前復興計画の策定手法の開発の継続を行った。平成 29 年度から検討を開始したより精緻な新たな災害影響評価手法の検討を、東日本大震災の事例等も用いて継続して実施した。これまで開発してきた事前復旧・復興計画作成システムへの住民ビジョンの反映手法について東日本大震災のデータを用いてその妥当性を検証するとともに、和歌山県由良町を事例に他地域への導入可能性の検討を行った。

平成 31 年度：

研究成果の最終とりまとめとして、これまで兵庫県（まち）・和歌山県（集落）を事例として開発をおこなってきた１）復興ビジョンの構築、２）地域の現状分析、３）対策案の構築、４）土地利用計画の策定から構成される事前復興計画策定手法を１－a、b の知見も利用し都市他地域へと適用し、開発した計画手法の妥当性の検証・プログラム化を行うとともに。成果を 1-c、e の研究を通じ社会に発信する。またこれまで開発を行ってきた災害影響評価手法の確立を行う。

(e) 平成 30 年度業務目的

影響シナリオ構築シミュレーションの精緻化と、事前復興計画の策定手法の開発の継続を行う。平成 29 年度から検討を開始したより精緻な新たな災害影響評価手

法の検討を継続する。これまで開発してきた事前復旧・復興計画作成システムへの住民ビジョンの反映手法の検討を行うとともに、他地域への導入可能性の検討を行う。

(2) 平成 30 年度成果

①影響シナリオ構築シミュレーションの精緻化

(a) 業務の要約

震災がなかった場合に想定された平成 27 年（2015 年）の地域人口構造類型と、震災による被害・災害対応・復旧復興のプロセスを経た結果としての実際の平成 27 年（2015 年）の地域人口構造類型の比較を行い、岩手県・宮城県の半島部における震災の影響と考えられる想定以上の高齢化、震災復興事業の影響にともなうと考える地域人口構造類型の変化の抽出を行った。また、阪神・淡路大震災、2004 年新潟県中越地震を事例として開発を行ってきた国勢調査の地域メッシュデータを用いた災害影響評価手法が他地域においても適応可能であることの確認を行い、災害影響評価手法の精緻化をおこなった。

(b) 業務の実施成果

これまで阪神・淡路大震災、2004 年新潟県中越地震を事例として開発を行ってきた国勢調査の地域メッシュデータを用い、人口ピラミッドの形状から地域の持続可能性を評価する地域構造人口類型 [1] による災害影響評価手法の精緻化を行うため、これまでの手法の東日本大震災へと適用し検討を行った。

東日本大震災の被害・災害対応・復旧・復興の総合影響評価を行うため、平成 22 年（2010 年）＜震災前＞の人口実績値、平成 27 年（2015 年）＜震災から４年後＞の比較を行い東日本大震災の被害、災害対応、復旧・復興についての総合的な影響評価を実施した。福島県については原発被害の影響があることから一部地域で国勢調査が行われておらず、今回の検討では岩手県・宮城県を対象に検討を行うこととした。

1）岩手県

平成 22 年（2010 年）人口実績について地域人口類型（図３－４－①－１）をみると、5,234 メッシュ中、持続類型 528 メッシュ（10.1%）、依存類型 3,399 メッシュ（64.9%）、限界類型 1,307 メッシュ（25.0%）となっている。平成 27 年（2015 年）人口実績について、地域人口構造類型をみると、5,234 メッシュ中、持続類型 346 メッシュ（6.6%）、依存類型 2,957 メッシュ（56.5%）、限界類型 1,931 メッシュ（36.9%）となっている。変化の状況を詳細にみると、持続類型→依存類型 248 メッシュ、持続類型→限界類型 18 メッシュ、依存類型→限界類型 863 メッシュとなっており、人口減少の影響がうかがえる一方で、依存類型→持続類型 74 メッシュ、限界類型→持続類型 10 メッシュ、限界類型→依存類型 247 メッシュとプラス側に地域人口構造類型が変化したメッシュもみられた。

震災以前の 2010 年の人口データをもとにコーフォート要因法を用いて平成 27 年（2015 年）人口推計を行い平成 27 年の推計人口をもとに地域人口構造類型（図３－

４－①－１）を求めた。5,234 メッシュ中、持続類型 351 メッシュ（6.7%）、依存類型 2,933 メッシュ（56.0%）、限界類型 1,950 メッシュ（37.3%）となった。平成 27 年（2015 年）人口実績及び人口推計について、地域人口構造類型を比較すると、持続類型、依存類型、限界類型ともに、人口実績と人口推計でメッシュ数は同程度となっている。

変化の状況を詳細にみると、人口推計では、持続類型と評価されたメッシュが、人口実績では、限界類型となっているものが 18 メッシュ、依存類型となっているメッシュが 118 メッシュみられた。また、依存類型と評価されたメッシュが、人口実績では、限界類型となっているものが 465 メッシュあり、想定していた以上の高齢化が発生しており、なんらかの外的要因による影響が伺える。一方で、人口推計では、依存類型と評価されたメッシュが、人口実績では、持続類型となっているものが 112 メッシュみられた。また、限界類型と評価されたメッシュが、人口実績では、持続類型となっているものが 19 メッシュ、依存類型となっているものが 483 メッシュあり、プラス側に地域人口構造類型が変化したメッシュもみられた。

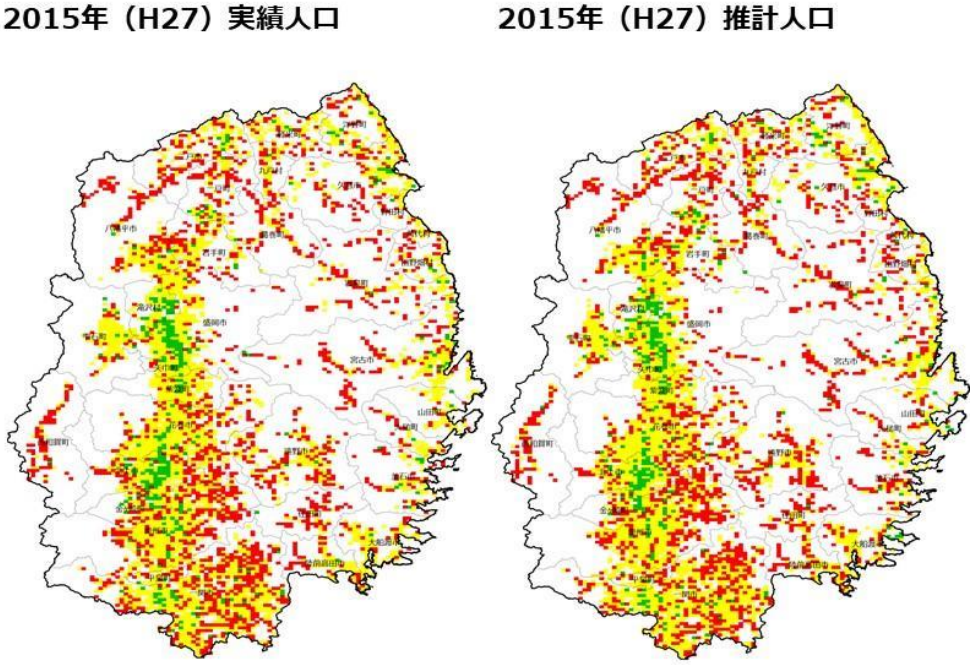


図３－４－①－１　平成 27 年（2015 年）人口推計と人口推計の比較（岩手県）

2）宮城県

平成 22 年（2010 年）人口実績について地域人口構造類型（図３－４－①－２）をみると、3,883 メッシュ中、持続類型 661 メッシュ（17.0%）、依存類型 2,610 メッシュ（67.2%）、限界類型 612 メッシュ（15.8%）となっている。平成 27 年（2015 年）人口実績について、地域人口構造類型をみると、3,883 メッシュ中、持続類型 440 メッシュ（11.3%）、依存類型 2,498 メッシュ（64.3%）、限界類型 945 メッシュ（24.3%）となっている。変化の状況を詳細にみると、持続類型→依存類型 250 メッ

シュ、持続類型→限界類型 17 メッシュ、依存類型→限界類型 478 メッシュとなっており、人口減少の影響がうかがえる。一方で、依存類型→持続類型 42 メッシュ、限界類型→持続類型４メッシュ、限界類型→依存類型 158 メッシュとプラス側に地域人口構造類型が変化したメッシュもみられた。

岩手県同様に震災前（平成 22 年）の人口にもとづき行った平成 27 年（2015 年）の推計人口をもとに地域人口構造類型（図３－４－①－２）を作成すると 3,883 メッシュ中、持続類型 528 メッシュ（13.6%）、依存類型 2,475 メッシュ（63.7%）、限界類型 880 メッシュ（22.7%）となっている。平成 27 年（2015 年）人口実績及び人口推計について、地域人口構造類型を比較すると、持続類型、依存類型、限界類型ともに、人口実績と人口推計でメッシュ数は同程度となっている。

変化の状況（図３－４－①－２）を詳細にみると、人口推計では、持続類型と評価されたメッシュが、人口実績では、限界類型となっているものが 20 メッシュ、依存類型となっているメッシュが 137 メッシュみられた。また、依存類型と評価されたメッシュが、人口実績では、限界類型となっているものが 323 メッシュあり、外的要因による影響が伺える。一方で、人口推計では、依存類型と評価されたメッシュが、人口実績では、持続類型となっているものが 64 メッシュみられた。また、限界類型と評価されたメッシュが、人口実績では、持続類型となっているものが５メッシュ、依存類型となっているものが 273 メッシュあり、プラス側に地域人口構造類型が変化したメッシュもみられた。

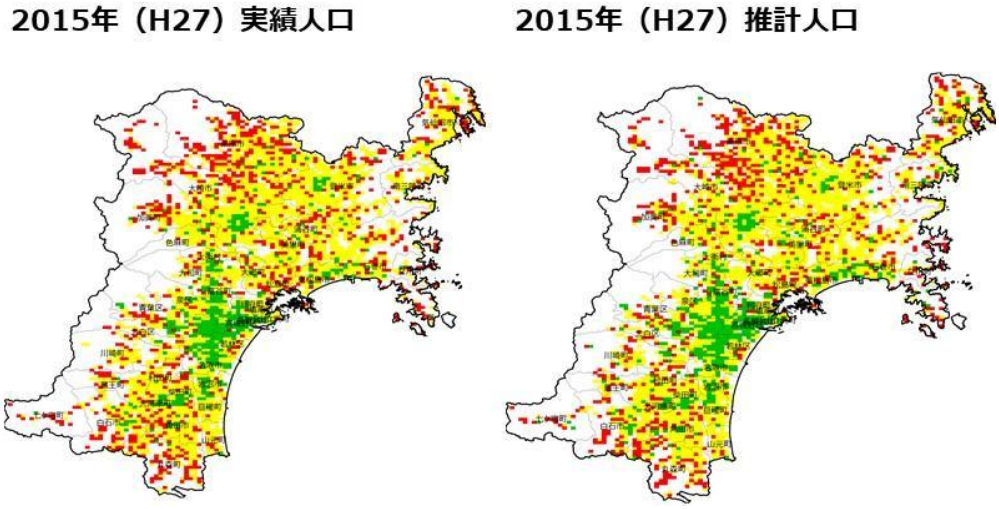


図３－４－①－２　平成 27 年（2015 年）人口推計と人口推計の比較（岩手県）

3）震災の影響による変化

震災がなかった場合に想定された平成 27 年（2015 年）の地域人口構造類型と、震災による被害・災害対応・復旧復興のプロセスを経た結果としての実際の平成 27 年（2015 年）の地域人口構造類型の比較結果を図３－４－①－３に示す。

想定していた以上の人口変化が発生したメッシュについては濃い色（オレンジ、グ

リーン、赤）となっており、災害による若年層の人口流出により想定以上の高齢化が発生した地域（濃いオレンジのメッシュ）が岩手県・宮城県の半島部に見られる。また岩手県においては湾奥の元の中心市街地であった地区においても想定以上の高齢化が発生している地域が見られるが、これは復興事業にともない一時的に住民が地域を離れたことによる人口変化の影響が発生していると考えられる。

一方、宮城県の平野部においては顕著な変化が見られないが、内陸部において地域人口構造類型が持続類型に変化している地域が見られ、沿岸部に建設された防災集団移転団地への住民が移動した結果と考えられる。また防災集団移転が行われた地区において人口構造が変化している事例が見られた。

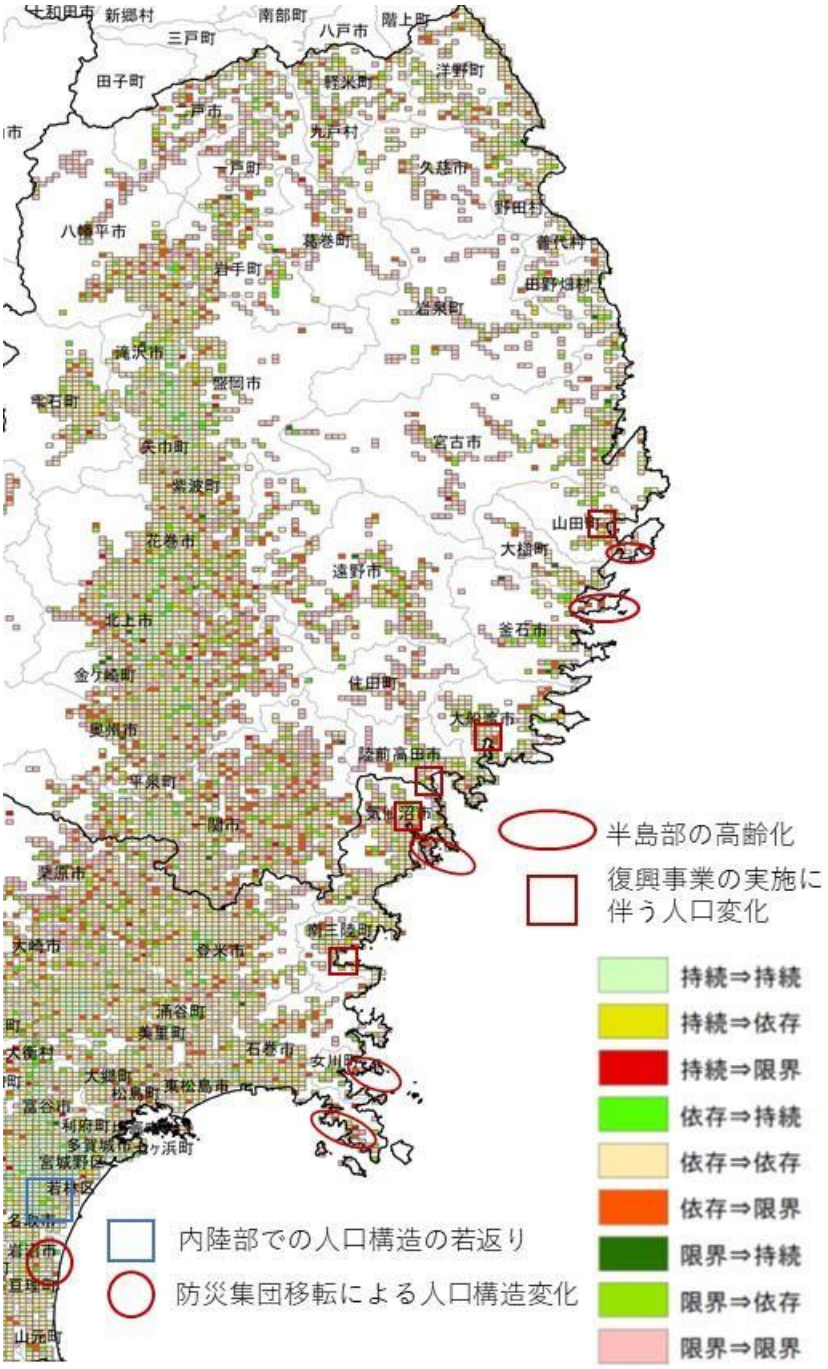


図３－４－①－３　東日本大震災による地域人口構造類型変化
（平成 27 年（2015 年）国勢調査による）

(c) 結論ならびに今後の課題

本検討は、まだ復興事業が完了しておらず、まだ多くの人が応急仮設住宅に居住している震災４年後（平成 27 年（2015 年））の国勢調査を用いた検討であるが、これまで開発してきた手法により震災による総合的な影響評価を行うことの可能性が示唆された。今後、復興事業との関連等、よりミクロな単位での検討を行っていくとともに、平成 32 年（2020 年）に実施される国勢調査を用いて、東日本大震災の総合的な

影響調査を実施していきたいと考える。

(d)引用文献

1) 佐藤慶一，牧紀男，堀田綾子，岸田暁郎，田中傑、被災前の人口トレンドが被災地の地域人口構造へ与える影響、地域安全学会論文集 No.24，pp.293-302、2014

②事前復興計画の策定手法の開発

(a) 業務の要約

本検討では兵庫県南あわじ市で開発を行った災害後の土地利用計画策定手法を和歌山県由良町に適応し、その利用可能性ならびに手法の高度化を行った。由良町において検討を行った結果、本手法は他地域への応用が可能であることが明らかになった。また、ハザード情報を示した地図を利用して検討をすることで、災害時に発生する事態について具体的にイメージすることが可能になり、土地利用計画を策定すると同時に由良町における災害対応、復旧・復興についての課題についても抽出することが可能であることが明らかになった。

(b)業務の成果

兵庫県南あわじを事例として開発を行った行政職員による事前復興土地利用計画策定手法の他地域への適応可能性を検討するため和歌山県由良町を事例として検討を行った[1)]。

1)災害後の土地利用計画策定のためのワークショップの概要

2018 年２月 19 日（以下、「WS1」と略す）と同年６月 28 日（以下、「WS2」と略す）に町役場３階大会議室で行政職員を対象としたワークショップを実施した。ワークショップ参加者は都市計画・管財・防災・住宅・建設・産業・水道・下水・災害廃棄物・学校関連の業務担当者にした。WS1 では南海トラフ地震発生時に地域内で起こり得る被害状況を考え、いつまで、どこの担当部署がどういった災害対応をするのかについて話し合って、時系列に対応の流れを整理するとともに復興イメージ図の素案を描いた。役場からの WS1 参加者は 14 人で、オブザーバーも含めると計 17 人が参加した。所要時間は約３時間であった。

WS2 では WS1 の成果物を参加者に見せ、漏れた内容や修正すべき内容等がないか確認を行った。特に、WS2 では WS1 で取り上げられた課題についてその解決策はあるのか、ない場合はどうするのか等について議論が行われた。WS2 参加者は WS1 と同様の業務担当者であり計 17 人（オブザーバーまで含むと計 19 人）が参加し、所要時間は約３時間であった。

ワークショップでは福良での手法を援用し、縮尺 1:15、000 の地図を用意し、災害時に起こり得ることや災害対応に関する情報を時系列に沿って書き込む形式で行った（図３－４－②－1）。時間軸は、初動期～応急期（①地震発生直後～津波到達前、②津波到達～１日目、③～３日目、④～１週間）、復旧・復興期（⑤～３か月、⑥～１年、⑦１年～）に設定した。 準備・作成したデータについてにします。

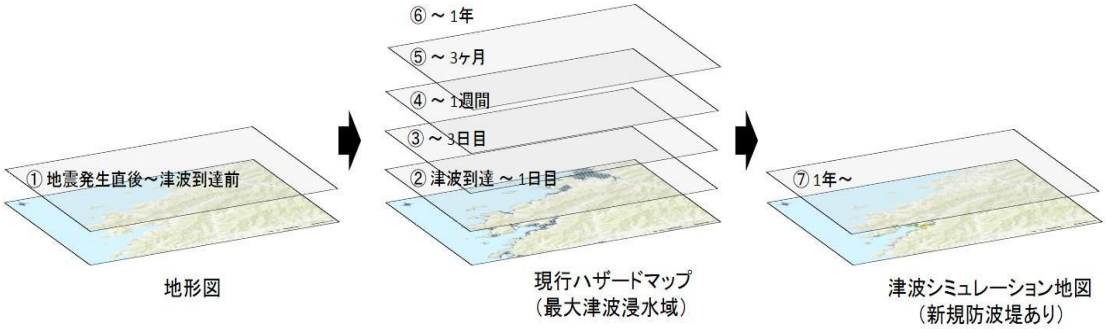


図３－４－②－１　事前復興土地利用計画策定のためのデータセット

2）災害後の災害対応・土地利用に関わる課題

災害後の土地利用についての検討を行う目的でワークショップを実施したが、ハザード情報を示した地図を利用して検討をすることで、災害時に発生する事態について具体的にイメージすることが可能になり、また災害対応に関わる全課の職員が参加して共通の場で議論を行うことで部局横断的に災害時の課題について議論が可能になり、土地利用計画を策定すると同時に由良町における災害対応、復旧・復興についての課題についても抽出することが可能になった。以下に WS を通じて抽出された課題を示す。

１．災害対策本部等について＜由良町では役場が浸水区域内にあり地震発生後、別の施設に移動して災害対策本部を設置する必要がある＞：a）災害発生直後、住民への周知方法、b）災害対策本部までの移動手段、c）災害対策本部の準備状況

２．救急・救助体制について：d）町内の道路啓開への所要日数、e）救急車が来られない時の急患移送（由良町は組合消防であり由良町内には消防署が存在しない）

３．救助拠点等について：f）消防・医療・自衛隊等の救助拠点の適地、g）仮設住宅地の適地

４．遺体及び災害廃棄物対策について：h）WS で検討した遺体安置所以外の適地の有無、i）長期間の遺体安置の際の対策、j）火葬の限界への対策、k）WS で検討した災害廃棄物処理地以外の適地

５．浄水場の被災・復旧について：l）浄水場の地震及び津波対策、m）浄水場被災の場合、迅速な復旧を行うための対策

６．学校関係について：n）仮小中学校及び仮給食センター設置場所、o）被災後の小中学校等の再開、p）小中学校等の復興地

７．まちの中心機能について：q）産業の中心地移転の可否と移転時の課題、r)仮庁舎、復興後の庁舎地、s）公営住宅地、地区の復興

抽出された課題については WS２で検討を行うとともに、町として継続して検討を行うこととなった。

3）災害後の土地利用計画

WS１、2 の作業を経て、図３－４－②－２に示すような時系列での災害時の土地利用計画と課題の抽出が行われた。

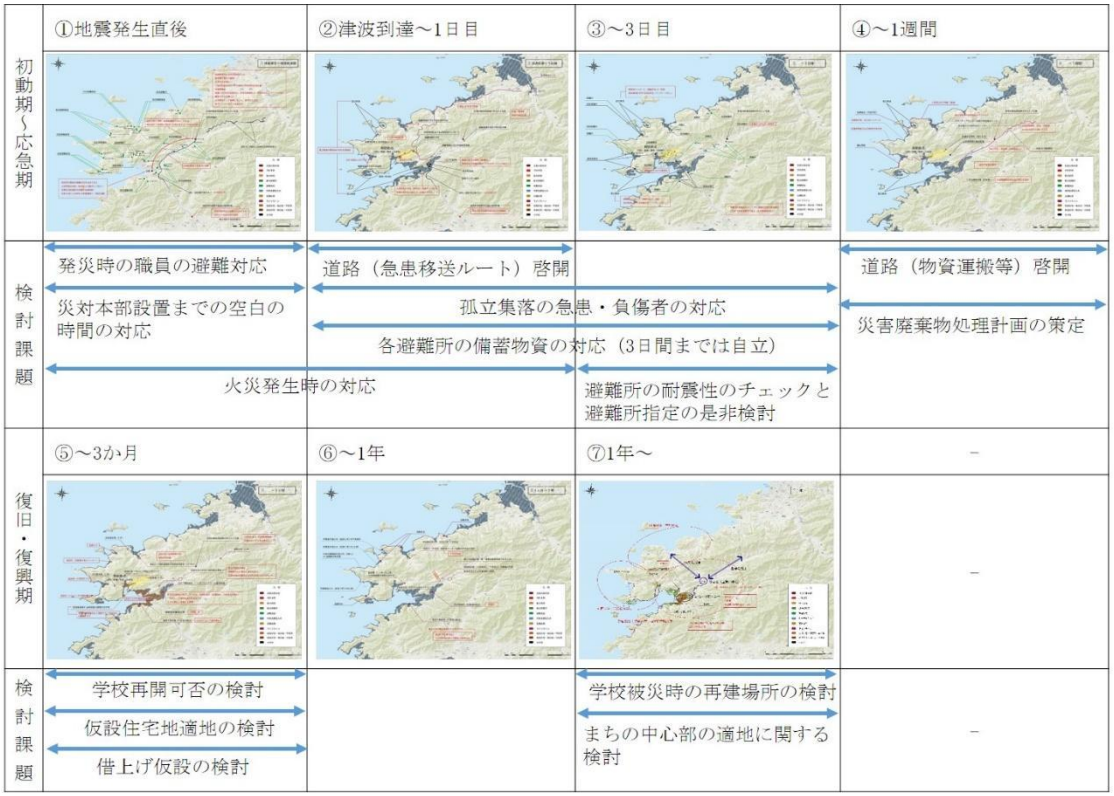


図３－４－②－２　災害後の土地利用計画（案）

4）災害後の土地利用（事前復興計画）についての検討手法の確立

本検討では兵庫県南あわじ市で開発を行った災害後の土地利用計画策定手法を和歌山県由良町に適応し、その利用可能性ならびに手法の高度化を行った。２回の事例検討をふまえて整理を行った災害後の土地利用計画（事前復興計画）策定手法について図３－４－②－３にまとめる。

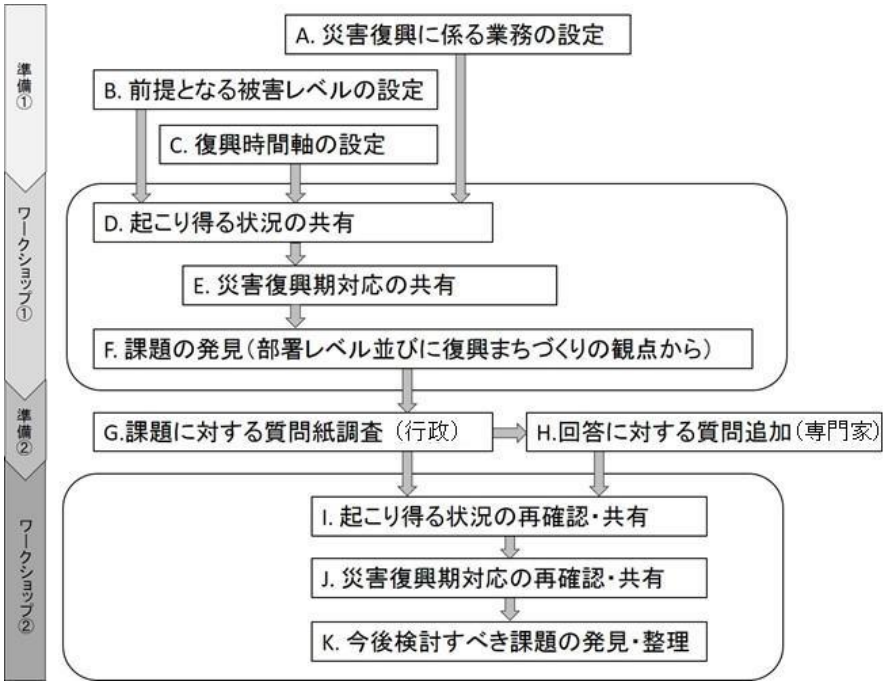


図３－４－②－３　災害後の土地利用計画（事前復興）の流れ

(c) 結論ならびに今後の課題

本研究は災害対応の経験が少ない自治体が事前復興計画案を策定できるよう手法を構築することを目的に、兵庫県南あわじ市を事例として開発をおこなった手法を、和歌山県由良町にも適応し計画策定プロセスと成果についてまとめたものである。これまでに町レベル（由良町：人口 5,738 人、2019 年 3 月末現在）、市レベル（南あわじ市：人口 47,289 人）を事例として検討を行ってきており、手法の適用可能性・有用性について明らかにしている。今後、都市レベル（人口 5 万人以上の市）において同様の検討を行い本手法の有用性について検討することとしたい。

(d) 引用文献

1) 金玟淑、牧　紀男、住広　則枝、岸川　英樹、和歌山県由良町の事前復興計画イメージ図作成の試み、地域安全学会梗概集 No.43, pp. 179-182、2018

③津波防災地域づくりの実践的構築

(a)　業務の要約

昨年に引き続き、伊豆市で進められる津波防災地域づくり法に基づく推進計画の策定に主体的に関わることを通して、津波防災地域づくりの計画プロセス、計画策定手法に関して考察を行い、津波ハザード評価を実社会につなげる計画理論の確立に向けての知見を得た。

(b)　業務の実施方法

伊豆市では、2016 年 1 月から津波防災地域づくり法に基づく推進計画の議論を進めている。西伊豆有数の観光地である土肥地域を対象に「伊豆市”海と共に生きる”

観光防災まちづくり推進計画」と称した法定計画を策定している。法定協議会は、2016 年３月に第１次計画、2017 年 11 月に第２次計画を答申した。今年度は、2019 年３月に新たに第３次計画を答申した。なお、この計画は、南海トラフ巨大地震で想定される最大 10m、最短６分の津波災害の防災を進めるだけではなく、年間 80 万人近い観光客が訪れる土肥地域の観光の振興、かつ、過疎化に起因する地域の持続性の課題の解消を事業者・住民・行政が問題意識を共有し、地域一丸となって前向き、かつ、自律的に取組める状況を創り出すことを目的としている。

本研究業務では、推進計画の法定協議会の会長の立場から計画に関する議論、取り組みをコーディネートし、それを通して津波防災地域づくりの新しいモデルを構築しつつ、その過程で津波防災地域づくりの策定手法、支援技術に関する考察を深めた。

伊豆市、静岡県、研究分担者らとの研究会、現地での協議会および大小の市民集会への主体的参画を通して実践的に津波防災地域づくりを構築した。2018 年度は、東京大学等での研究会を計５回開催し、現地での協議会・市民集会などへ計７回に参画した。

(c)　業務の成果

過年度より参与観察する 2016 年度から始まる伊豆市観光防災まちづくりは、今年度、「津波災害特別警戒区域」の指定、それによる想起されるマイナス効果のプラスへの転換、「地区防災計画」の全区・組織による自立的策定への道筋の構築等、一定の到達点に達した。来年度の総括に向けて、本年度の知見として下記の３点に整理し、課題を明確化した。

1)　ボトムアップの議論を積み上げによる津波防災地域づくり推進計画と地区防災計画の連携的計画策定手法の確立

昨年度、津波防災地域づくり推進計画に「地区防災計画の策定」が明記されたことを受け、2017 年度に土肥地区の 19 区・組織（区は町会に相当，組織は温泉旅館組合、土肥中学校）が行った「『がんばる』地域宣言」を起点として、地区防災計画策定の議論を各組織で行うこととし、３区、及び、１組織（温泉旅館組合）が地区防災計画を策定し、市に提出し、市は地域防災計画に位置づけた。今回策定された地区防災計画は、自律成長型の計画の起点と位置付け、その内容は簡素なものに留めている点が特徴である。次年度以降の各区・組織における継続的な策定作業に参与観察し、本策定プロセスの有効性を検証する予定としている。

2)　市民レベルでの計画検討のための津波ハザード情報に関する考察

一昨年度開発した県の被害想定データによるGoogle Earth を用いた津波ハザード可視化システムについては、意識啓発フェーズでの有効性がすでに検証されている。一方で、各区・組織にて、備蓄倉庫の設置フロアーや避難タイミングの検討等、具体の取組み内容を検討する際には、その精度は不十分である。計画策定フェーズにおける津波ハザード情報のあり方については課題であった。今年度は、津波災害特別警戒

区域の指定に伴って利用可能となった小メッシュ単位の「基準水位」情報に着目し、ヒアリングを行った結果、小メッシュ単位「基準水位」が計画検討には不可欠であるとの結論を得た。次年度以降、基準水位データの可視化を含む計画策定支援技術について検討を行う。

3）津波防災地域づくり法に基づく「津波災害特別計画区域」指定の負のイメージの転換

昨年度までの地域での議論を通して、津波災害特別警戒区域、および、同警戒区域の適切な解釈として下記を得ており、現在までに地域に浸透しつつある。

・津波災害警戒区域：津波ハザードを正しく理解し、そこで安全に暮らす工夫を行う区域

・津波災害特別警戒区域：津波リスクを今以上に蓄積しない区域

対外的には、各法定用語について「愛称」を付けることによって適切な解釈を社会全体に促すこととした。伊豆市が全国公募し、法定協議会メンバーで審査を行い、愛称を下記のように決定した。

・津波災害警戒区域：「海のまち・安全避難エリア」

・津波災害特別警戒区域：「海のまち・安全創出エリア」

３月 27 日の指定決定以降、指定検討時に懸念された風評被害に関して、旅館組合の構成メンバー等へのヒアリングを行った。その結果、５月以降の旅館の予約状況への影響は特にみられなかった。一方、「津波災害警戒区域はリスクの高い地域」とのマスコミ報道はいまだ散見されており、こうした解釈が現れる構造について理解を深める必要がある。

また「愛称」に関しては、伊豆市役所に他自治体からの問い合わせがみられた。先駆的なモデルであることの間接的な証左ともいえる。次年度以降、精査が必要である。

(d)　結論ならびに今後の課題

昨年度に引き続き、伊豆市における参与観察を通して下記３点について知見を得た。

- ボトムアップの議論を積み上げによる津波防災地域づくり推進計画と地区防災計画の連携的計画策定手法の確立
- 市民レベルでの計画検討のための津波ハザード情報のあり方
- 津波防災地域づくり法に基づく「津波災害特別計画区域」指定の負のイメージの転換の検証

今年度成果としては、経過観察と考察に留まっているので、次年度以降は、調査に基づく定量分析を行う。また現地での議論の状況をふまえ、中長期的な対策として事前復興に関する議論の喚起を試みる必要がある。

④ 事前復旧・復興計画の考え方を含む圏域マスタープランと地域まちづくりの自治体都市計画への展開手法の検討（三重県及び鈴鹿市の事例研究）

(a) 業務の要約

事前復旧・復興計画の考え方を都市計画に組み込む業務として、これまでの成果の都市計画教科書への掲載、事前復旧・復興に関わる今後の三重県の取り組みの検討・共有、都市計画区域マスタープランへの事前復旧・復興に関わる内容の記載方法の検討・例示、鈴鹿市における土地利用規制見直しの大方針の検討を行った。

(b) 業務の実施方法

本業務では、まず、共著で出版した都市計画の次世代教科書「都市計画学：変化に対応するプランニング」[1)]の中に、平成 29 年度までに実施してきた三重県及び鈴鹿市を中心とする事例研究の成果を体系的に整理して掲載した。また、三重県県土整備部都市政策課及び鈴鹿市都市整備部都市計画課と連携して事前復旧・復興計画の考え方をさらに議論・整理し、その実現に向けた都市計画実務への実装を進めた。三重県の部分の内容については、三重県都市計画区域マスタープラン策定委員会（北勢圏域・東紀州圏域：2019 年３月５日開催）において、関係する自治体の都市計画職員や市民代表の間で共有した。

(c) 業務の成果

１）これまでの成果の都市計画教科書への掲載

都市計画教科書「都市計画学：変化に対応するプランニング」の「１章　土地利用と施設配置」に掲載した事前復旧・復興計画の考え方を含む内容としては、具体的には、三重県都市計画方針（2017 年策定）[2)]の都市構造の変革のための「都市防災の観点：大規模自然災害の被害低減に向けた都市構造の形成」（図３－４－④－１）、三重県北勢圏域マスタープランの広域防災拠点及び防災連携軸を含む将来都市構造、鈴鹿市都市マスタープランの災害からまちや地域を守る防災・減災都市づくりの展開に関わる「防災・減災の都市づくり」の方針と他の分野の方針をも踏まえて復興時の災害リスクの低い場所での新市街地整備を念頭においた市街地形成検討地区を含む将来土地利用構想がある。

２）事前復旧・復興に関わる今後の三重県の取り組みの共有

関係する自治体の都市計画職員や市民代表が参加する三重県都市計画区域マスタープラン策定委員会（北勢圏域・東紀州圏域）において、次の通り、南海トラフ巨大地震の事前復旧・復興に関わる今後の三重県の取り組みを共有した。

・津市の立地適正化計画（2018 年３月）[3)]では、災害リスクを踏まえて居住誘導区域が設定されているが、このうち津波浸水想定区域については、過去最大クラスの浸水想定範囲を基準とした上で、「三重県地震・津波被害の低減に向けた都市計画指針」[4)]（2016 年８月策定）の木造建築物における検討方針に基づき、浸水深２m 以上となる区域については、居住誘導区域に含めないこととされた。

・他の自治体においては、津市のような事前復旧・復興計画の考え方を含む土地利

用計画・規制が策定されていない（鈴鹿市は都市マスタープラン[5]において「土地利用規制見直しエリア」や「市街地形成検討地区」は設定しているが方針に留まっており実効性のある施策は未策定である）ので、三重県が自治体と共同で都市構造の再編を含む土地利用の見直しを検討することとする。

・三重県は、災害の危険性等の理由により市街化区域から除外すべき区域を探索する試み（≒災害危険性が高い区域の市街化調整区域への編入に向けた検討）を行う。これは、もう１つの「都市経営の観点：効率的で利便性が高く、持続可能な都市構造の形成」（図３－４－④－２）から要請されるいわゆる「コンパクトシティ・プラス・ネットワーク」の実現において、公共交通の利便性が高く都市機能が充実している拠点とその周辺のエリアに人口を誘導し、相対的に利便性が低く災害リスクが高いエリアの人口を実質的に減少させることと合わせて検討される。

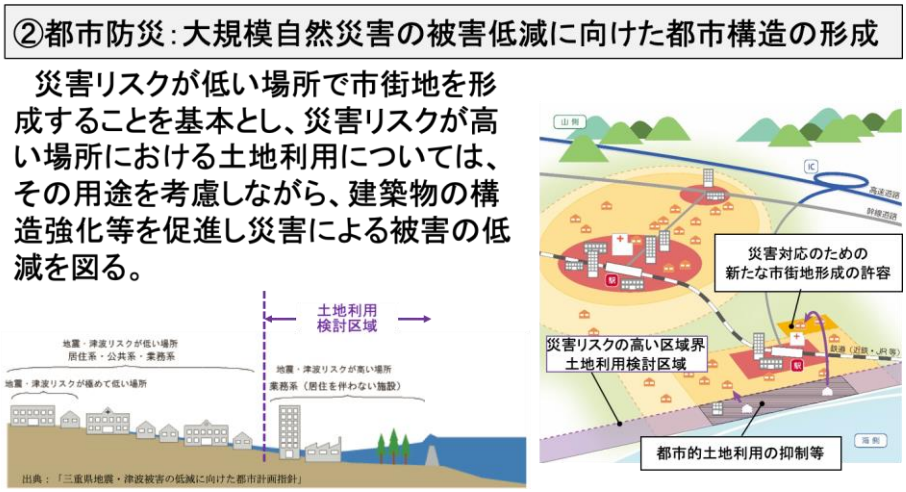


図３－４－④－１　都市構造の変革のための都市防災の観点
出典：三重県都市計画方針（2017）の図面・テキストを加工

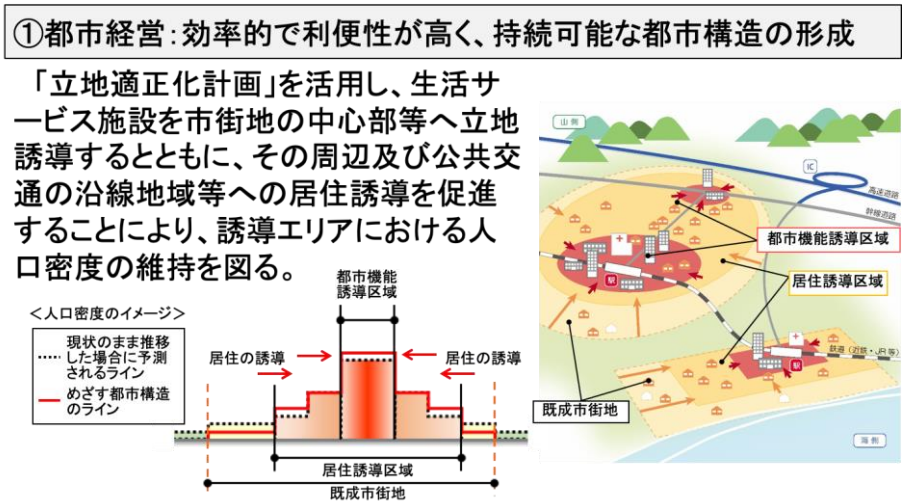


図３－４－④－２　都市構造の変革のための都市経営の観点
出典：三重県都市計画方針（2017）の図面・テキストを加工

３）都市計画区域マスタープランへの事前復旧・復興に関わる内容の記載方法の例示

さらに、今後策定する各都市計画区域マスタープランにおいては、次の通り、都市防災の観点から必要な都市的土地利用の見直しに関する方針を記載する例が提示され、委員の支持を得た。

・A 案（圏域マスタープランに記載の目標・方針をそのまま反映させる形）：拠点及びその周辺地については、将来にわたり都市機能を集約し存続させる区域であることから、区域内に存在する建築物の構造強化の促進等都市防災に係る施策を実施し、安全性の向上を図る。そのうえで、都市機能の集約をめざす区域を除く、一定の広がりをもった居住系の既成市街地における災害リスクを有する区域については、地域地区の見直しや建築物の構造規制に係る条例の制定等を検討する取り組みを促進する。

・B 案（集約型シナリオまたは移転型シナリオを志向する場合、逆線引きを志向する場合）：拠点及びその周辺地については、将来にわたり都市機能を集約し存続させる区域であることから、区域内に存在する建築物の構造強化の促進等都市防災に係る施策を実施し、安全性の向上を図る。そのうえで、都市機能の集約をめざす区域を除く、一定の広がりをもった居住系の既成市街地における災害リスクを有する区域については、地域の実情に応じた大規模災害に強いまちづくりを推進するために、避難対策の強化や都市機能の移転・集約等を含めた被害低減に向けての都市構造の再編シナリオと、その実現のための都市計画関連施策を検討する取り組みを促進する。また、市街化区域内の現に市街化していない縁辺部において、土砂災害特別警戒区域等による災害の発生のおそれのある土地の区域が含まれる場合は、（県が市街化調整区域への編入の基準を策定した上で）、必要に応じて、当該縁辺部を市街化区域に編入する。

４）鈴鹿市における土地利用規制見直しの大方針の検討

鈴鹿市の津波浸水想定エリアの土地利用について広範な実態調査を行い、市役所都市計画課との意見交換に基づき、以下の大方針を検討した。

・沿岸部には計画的に造成された住宅地（第１種低層住居専用地域・10m 高さ規制）と歴史的な集落の密集市街地（第１種住居地域）があり、いずれも人口・世帯数減少傾向で、空き家・空き地も目立つことを確認した。

・その上で、(1)計画住宅地では土地利用規制の微調整（建物高さ規制の緩和）（写真３－４－④－１）と建築のガイドライン、(2)密集市街地では空き家除去＋空き地・宅地・農地・その他土地利用の戦略的再配置による防災性能の向上（写真３－４－④－２）、(3)被災後（特に土地液状化後）に備えた事前復興（復興準備）計画の検討（都市 MP で災害リスクを避けて指定された市街地形成検討地区の計画を含む）（図３－４－④－３）などが重要かつ現実的である。

写真３－４－④－１　建物高さの規制の緩和が考えられる計画住宅地

写真３－４－④－２　土地利用の戦略的再配置が考えられる密集市街地

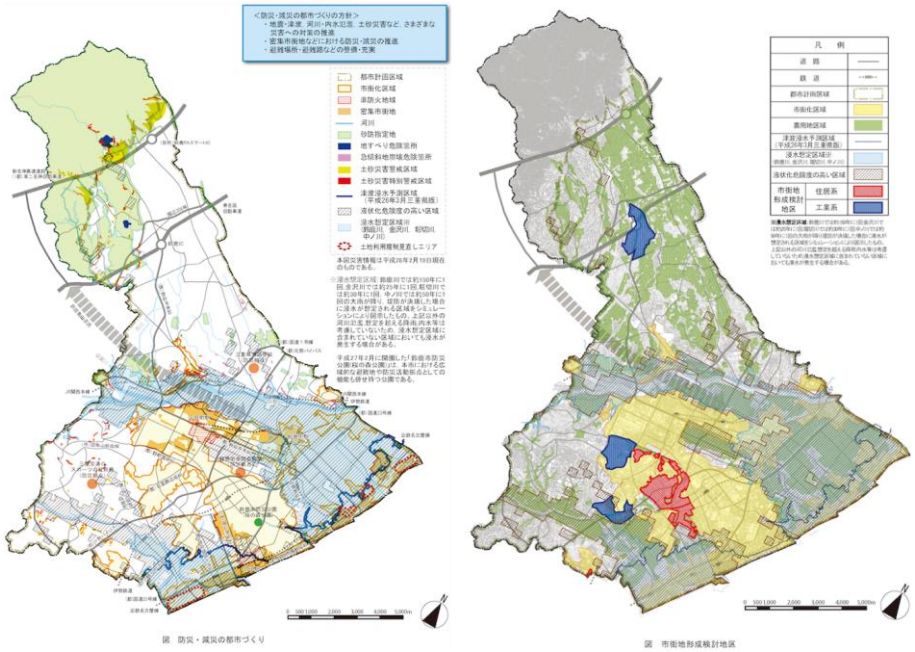


図 防災・減災の都市づくり　　図 市街地形成検討地区

図３－４－④－３　災害リスクを避けて指定された鈴鹿市の市街地形成検討地区
出典：鈴鹿市都市計画マスタープラン（2016）から抜粋

(d)　結論ならびに今後の課題

まず、これまでの成果が自治体職員も読む都市計画教科書に掲載されたことにより、今後、復旧・復興計画の考え方を組み込んだ都市計画が１つのモデルとして普及・定着することに期待が寄せられる。また、三重県の取り組みについては、来年度策定される予定の各都市計画区域マスタープランに復旧・復興計画の考え方が盛り込まれるとともに、自治体と共同で都市構造の再編を含む土地利用の見直しや災害の危険性等の理由により市街化区域から除外すべき区域の探索（≒災害危険性が高い区域の市街化調整区域への編入に向けた検討）を行うことが共有された。これにより、復旧・復興計画の考え方を県の主導によって自治体都市計画に組み込む体制が構築されたと言える。今年度、体制や費用の問題で実現できなかった鈴鹿市の長太地区、磯山地区などにおける地区スケールでの実践をモデル的に県と市の協働で進め、圏域・都市計画区域・自治体・地区の各空間スケールの整合のとれた復旧・復興計画の枠組みを完成させることが今後の課題である。

(e)　引用文献

1）中島直人，村山顕人，髙見淳史，樋野公宏，寺田徹，廣井悠，瀬田史彦：都市計画学：変化に対応するプランニング，学芸出版社（2018 年９月）
2）三重県：三重県都市計画方針（2017 年４月）
3）津市：津市立地適正化計画（2018 年３月）
4）三重県：地震・津波被害の低減に向けた都市計画指針（2016 年８月）
5）鈴鹿市：都市計画マスタープラン（2016 年４月）

(3) 平成 31 年度業務計画案

研究成果の最終とりまとめとして、これまで兵庫県（まち）・和歌山県（集落）を事例として開発をおこなってきた 1）復興ビジョンの構築、２）地域の現状分析、３）対策案の構築、４）土地利用計画の策定から構成される事前復興計画策定手法を１－a、b の知見も利用し都市他地域へと適用し、開発した計画手法の妥当性の検証・プログラム化を行うとともに、成果を 1-c、e の研究を通じ社会に発信する。またこれまで開発を行ってきた災害影響評価手法の確立を行う。

3.5　防災・災害情報発信研究

(1)業務の内容

(a) 業務題目　「防災・災害情報発信研究」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人防災科学技術研究所	部門長 総括主任研究員 主任研究員 主任研究員 主任研究員 研究員 研究員 研究員 研究員	藤原広行 高橋 成実 臼田裕一郎 田口仁 李泰榮 東宏樹 崔青林 水井良暢 池田 真幸
国立研究開発法人海洋研究開発機構	上席技術研究員 グループリーダー 技術研究員 技術研究員	金田義行 高橋成実 中野優 今井健太郎
国立大学法人名古屋大学	教授 特任教授 准教授 寄附研究部門教授 特任准教授	福和伸夫 護雅史 山中佳子 武村雅之 倉田和己
国立大学法人東京大学	教授 准教授 東北大学　国際研究所情報管理・社会連携部門　災害復興学実践分野 人と防災未来センター研究部 香川大学特命准教授 高知工科大学	田中淳 関谷直也 定池祐季 宇田川真之 磯打千雅子 三船恒裕

(c) 業務の目的

南海トラフ広域地震に関する情報が集約され、リアルタイムかつ統合的に発信される Web サービスとして「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム」(以下、「災害情報プラットフォーム」という。)を構築する。災害情報プラットフォーム上では、各種地理空間情報や歴史資料、強震計・水圧計データ等のリアルタイムデータ、他の

研究課題の調査結果、研究成果、ハザード評価、リスク評価などの情報を統合して発信できるものとする。この災害情報プラットフォームを基盤とした、あるいは連携した、防災・減災対策や復旧・復興等に資する各種利活用システム、防災人材育成、教育教材、啓発ツールを開発し、防災・減災対策研究や復旧・復興対策研究等に活用する。これらを効果的に進めるためのリスクコミュニケーション（RC）手法を開発し、人材育成を図る。

(d) 7か年の年次実施業務の要約

平成25年度：

災害情報プラットフォームの基本設計を行った。自治体が有する各種地域データの収集・整備を開始した。リアルタイム伝送システム設計のための検証等を開始した。加えて、RC・防災に関わる人材育成・教育のための調査を開始した。

平成26年度：

災害情報プラットフォームの詳細設計を開始した。データの収集・整備を引き続き実施するとともに、これらの利活用システムについて検討した。リアルタイム伝送システムのアプリケーション開発を開始した。防災に関する知識構造の解明と、RC・防災人材育成の手法の検討を行った。

平成27年度：

災害情報プラットフォームの実装情報と表示機能について行政関係者への調査やモデル地区での試験的利用を行い検討・反映した。データの収集・整備、利活用システム開発を引き続き実施した。データベースの構築を開始しマルチ検索表示機能の試験ページを試作した。RC・人材育成については、地域特性を考慮した基礎データ、減災関連情報の収集・整理を行うとともに、これらを減災対策等に有効活用・提供していくための情報システムを構築した。効果的なリスクコミュニケーション実現のため､知識構造ならびに地域課題をより現実的な場面で深く解明するために、地域防災リーダーを対象とした質的調査の詳細分析を行った。

平成28年度：

災害情報プラットフォームのベータ版（Ver.１）の公開を行い、試験的な運用を開始した。また、これと各種利活用システムとの連携について検討を開始するとともに、データやシステムの整備とRC・人材育成手法の継続的検討と教材開発を行った。稠密な量的調査を行い、知識構造の地域差の解明を行うとともに、HUG方式でワークショップを実施し地域人材の育成を試みた。

平成29年度：

他の研究課題の成果のデータベース（以下：DB）化とともに、成果の運用に関する連携技術について検討・開発した。また、リアルタイム伝送システムとの連動機能を開発した｡RC･人材育成のための社会的仕組みの概念設計と教材開発を行った。

平成30年度：

巨大地震発生域調査観測研究、東日本大震災教訓活用研究、地震・津波被害予測研究、およびそのほかハザード・リスク情報との成果運用に関する連携技術・手法

について検討と開発を継続した。地域研究会や防災教育等での活用を通じて、プラットフォームや各システムを高度化した。DONET を介したリアルタイムデータの伝送や地震計ネットワークの情報との連動に対応するための機能検討と開発を継続し、「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム」ベータ版（Ver. 1）への連動強化を試みた。また広く防災活動等で利用されるために、「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム」を利活用した社会実験を関西地域にて実施し、大阪府北部の地震と台風 21 号被害において地震動と高潮の想定情報利活用に関して実際の被災者災害対応で検証した。データやシステムの整備とリスクコミュニケーション(RC)・人材育成手法の調査・検討と教材開発を継続実施し東海地域にて社会実装を試みた。避難意図の規定変数を被災想定地域にて調査継続し、現状の RC の改善を図るとともに、地域産業の事業継続計画に関する予備的な調査を行った。

平成 31 年度：

巨大地震発生域調査観測研究、東日本大震災教訓活用研究、地震・津波被害予測研究、およびそのほかハザード・リスク情報との成果運用に関する連携技術・手法と、DONET を介したリアルタイムデータの伝送や地震計ネットワークの情報との連動に対応するための機能を、「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム」に実装する。

1-e で開発、整備してきたデータ、PC で運用できるシステム、及び教材を、行政や地域が防災活動を考えるために Web 上で一括して閲覧できるような連動実装と、行動意図モデルに基づいた避難意図研究の総括と、地域産業の事業継続に関して継続的な分析ととりまとめを行う。

上記の、開発、整備してきたデータ、PC で運用できるシステム、及び教材と、リスクコミュニケーション（RC）・人材育成手法の調査結果を反映し、「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム」（Ver. 2）を一般公開する。

同時に、地域の防災計画で利用されるために、「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム」（Ver. 2）を利活用した社会実験を行政組織と協働で実施し、情報・コンテンツの一気通貫利用を行い、システム活用の地域展開も実施する。

(e) 平成 30 年度業務目的

巨大地震発生域調査観測研究、東日本大震災教訓活用研究、地震・津波被害予測研究、およびそのほかハザード・リスク情報との成果運用に関する連携技術・手法について検討と開発を継続する。地域研究会や防災教育等での活用を通じて、プラットフォームや各システムを高度化する。DONET を介したリアルタイムデータの伝送や地震計ネットワークの情報との連動に対応するための機能検討と開発を継続し、災害情報プラットフォーム Ver. 1 への連動強化を試みる。また広く防災活動等で利用されるために、災害情報プラットフォーム Ver. 1 を利活用した社会実験を地域と協働し実施する。データやシステムの整備とリスクコミュニケーション（RC）・人材育成手法の調査・検討と教材開発を継続実施し社会実装を試みる。避難意図を直接規定する地域変数を被災想定地域にて調査継続し、現状の RC を改善する。

(2) 平成 30 年度の成果

①南海トラフ広域地震災害情報プラットフォームの構築

(a) 業務の要約

巨大地震発生域調査観測研究、東日本大震災教訓活用研究、地震・津波被害予測研究、およびそのほかハザード・リスク情報との成果運用に関する連携技術・手法について検討と開発を継続した。地域研究会や防災教育等での活用を通じて、プラットフォームや各システムを高度化した。また広く防災活動等で利用されるために、災害情報プラットフォーム Ver. 1 を利活用した社会実験を関西地域にて実施し、大阪府北部の地震と台風 21 号被害において地震動と高潮の想定情報利活用に関して実際の被災者災害対応で利用検証した。改良した災害情報プラットフォームの Ver1.2 を公開した。

(b) 業務の実施方法

本年度の研究では以下の項目内容を実施した。

1) 災害情報プラットフォームの改良

a) 自治体等公開情報の自動取得とデータベースの自動タグ付け機能の検討

b) 年代別災害履歴マップの作製

c) 研究 PJ サブテーマごとの年度報告書内容の閲覧マップ作成

d) クリアリングハウスの連携強化

e) サイトのセキュリティ向上

f) 災害情報プラットフォーム Ver1.2 の公開

2) 大阪府での災害情報プラットフォーム利活用検証

3) 災害時の情報利活用検証

a) 大阪府北部の地震

b) 台風 21 号での高潮

c) 大阪府内社協の災害情報利活用の実態調査

4) 行政資料の調査と防災計画への利活用検証の試み

a) 南海トラフの広域災害に対処する行政イメージモデルを検討

b) 紀伊半島を想定した場合の対応フロー作成の試み

1)では、巨大地震発生域調査観測研究、東日本大震災教訓活用研究、地震・津波被害予測研究、およびそのほかハザード・リスク情報との成果運用に関する連携の検討と開発を実施。2)と 4)では、実際の活用を通じて各システムの高度化を実施。3)では、広く防災活動等で利用されるために、災害情報プラットフォームを利活用した社会実験として実際の被災者災害対応で検証を行った。

（c） 業務の成果

1） 災害情報プラットフォームの改良

a) 自治体等公開情報の自動取得とデータベースの自動タグ付け機能の検討

災害情報プラットフォーム（図３－５－①－１、２）に掲載する情報として、人による作業で収集していた行政やメディア等の災害に関するホームページ公開情報を、一定間隔で自動的にクロールし取得する機能の開発検討を行った（図３－５－①－３）。この機能により、当プロジェクト終了後の情報収集作業を省力化できる見込みである。

取得先として今回は、神奈川県、静岡県、愛知県、三重県、岐阜県、大阪府、和歌山県、兵庫県、香川県、徳島県、高知県、愛媛県、大分県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県、紀伊半島の沿岸部市町とした。対象としていない地域も必要な個所については次年度以降に自動取得の仕組みを試みていく予定である。

なお、この機能で検出しきれない情報や、書面でしか取得できない情報に関しては今後も引き続き人による収集作業も継続していく。また、公開ホームページの URL が変更される等の将来的な変化事項についての対処に関しては随時作業が発生するため、継続対応していく必要がある。

取得した情報を、タグ付けルールに従って、機関名称、内容の見出し、公開日時等の自動タグ付けを行う機能の開発検討も実施した。これにより災害情報プラットフォーム内にある検索機能ページ等で利用するデータベース構築のためのタグ付け作業が自動化される予定である（図３－５－①－４、５）。

図３－５－①－１　災害情報プラットフォーム ver1.2_Top 画面（https://nankai-bosai.jp/v1.2/）

図３－５－①－２　検索機能ページ

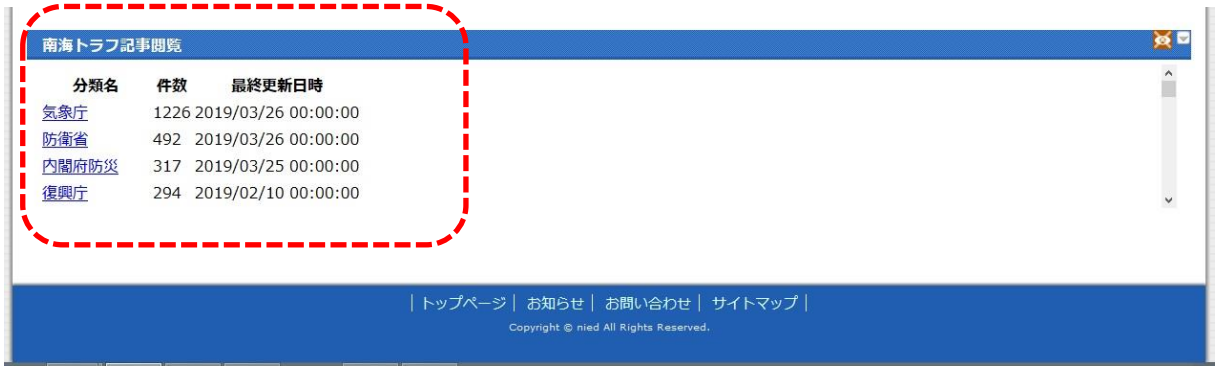


図３－５－①－３　自動取得リスト表示確認画面（気象庁 1226 件、防衛省 492 件など収集）

図３－５－①－４　タグ付け項目表示の例　機関・見出し・公開日時（平成 31 年 3/26 時点では合計 3639 件の情報を収集）

図３－５－①－５　取得情報内容の確認画面

b）年代別災害履歴マップの作製

防災科研では、自治体から提供された過去の災害履歴情報を利用し、災害事例データベースを構築している。このデータから過去の南海トラフ被災地域での災害を抽出し、発生年代ごとに表示できるマップを作製した。データ実装している WebGIS のマップは動作検証中のため非公開としているが、今年度は各年のキャプチャー画像の公開を実施した（図３－５－①－６から８）。

なお、災害履歴情報が未登録の自治体もあり全地域の記録を網羅しているわけではないこと、また年代が古い情報は古文書等の歴史記録に頼っているため不確かなものもあることなど、表示されている情報の網羅性と精度を理解したうえでの利用を推奨している。そのため年代別災害履歴マップは、一般公開は行わず、災害に関する意識が高い行政担当者等への限定公開としている。

図３－５－①－６　自治体の災害履歴マップ

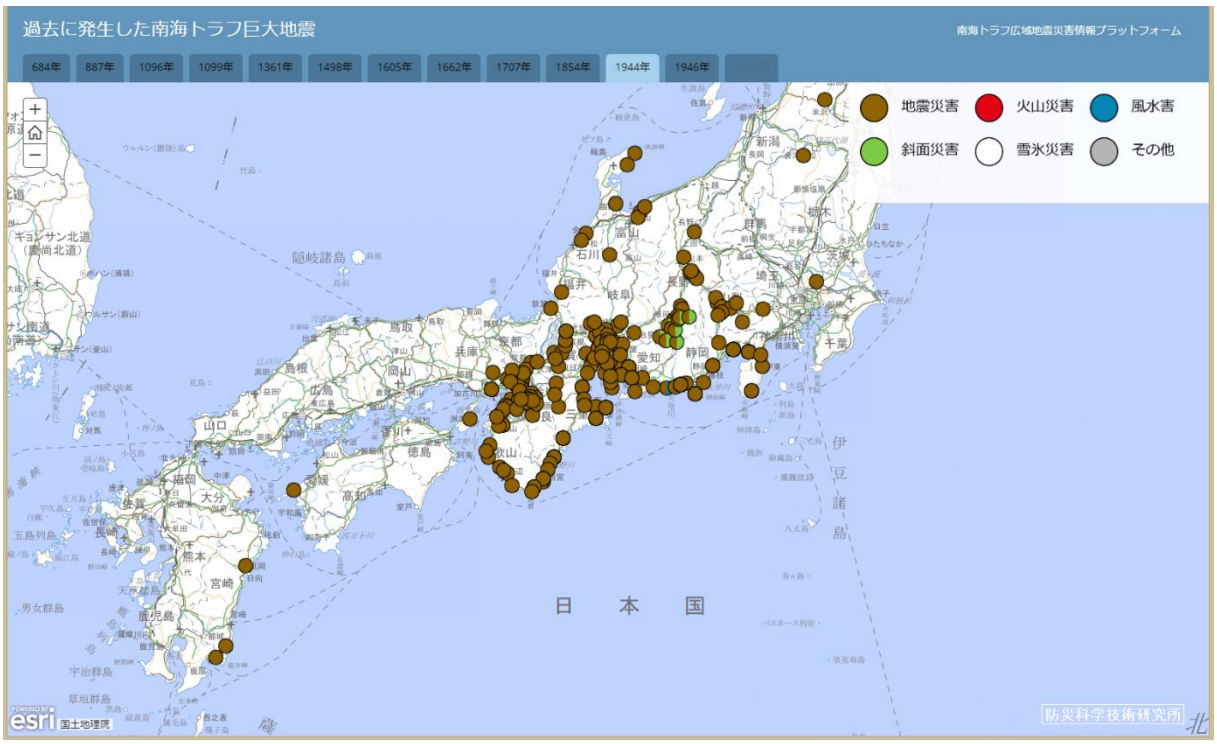


図３－５－①－７　1944 年昭和東南海地震の画像を拡大表示

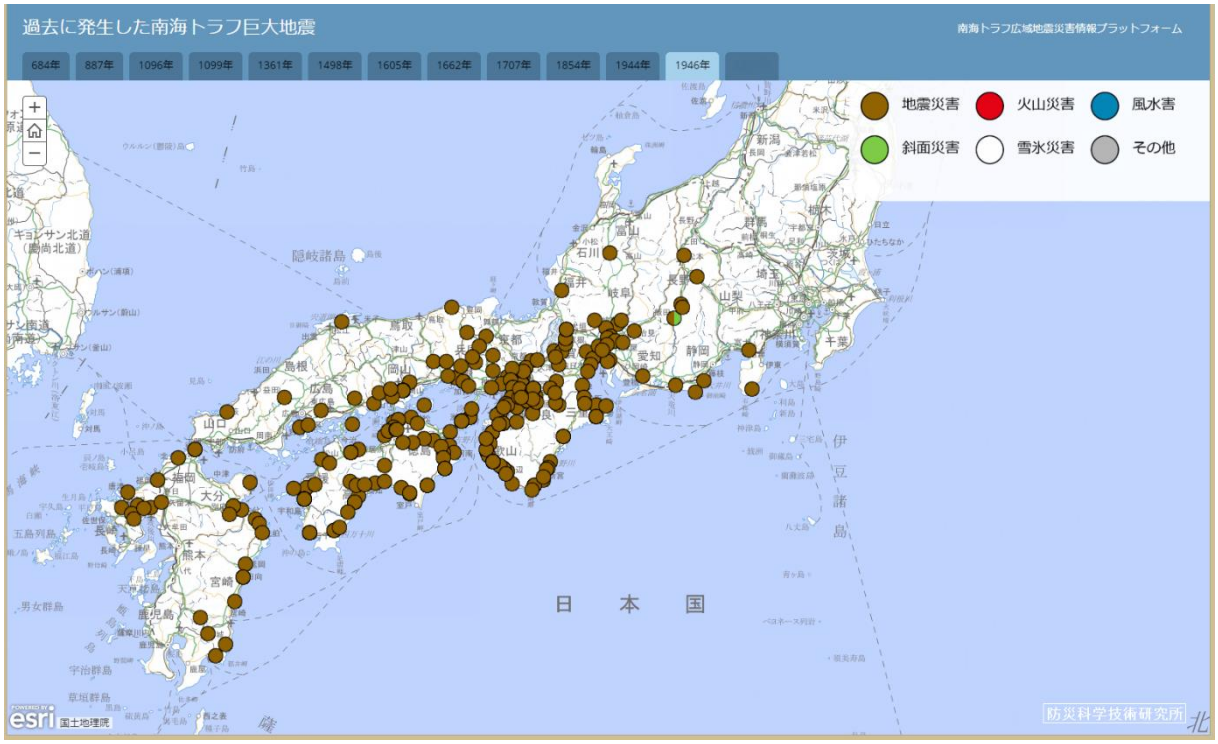


図３－５－①－８　1946 年昭和南海地震の画像を拡大表示

c）研究 PJ サブテーマごとの年度報告書内容の閲覧マップ作成

当プロジェクトが実施した研究成果を、研究対象位置および実施エリアについて WebGIS マップにて「点」、「線」、「面」の表記により表現し、全貌を閲覧できるようにした。サブテーマ１、サブテーマ２－１、サブテーマ２－２の各年度の研究を示すマークをクリックすると、地震調査研究推進本部（以下：地震本部）のホームページから一般公開されているプロジェクト報告書 PDF の該当するページを閲覧できるようにした。

災害情報プラットフォームの Top 画面と、研究一覧を見るページにて、マップのサムネイル画像を表示している（図３－５－①－９）。サムネイル画像をクリックすると WebGIS の画面が別ウインドウで起動する（図３－５－①－10 から 13）。

WebGIS の左側枠には表示項目の凡例があり、その各項目のチェックボックスをクリックすると対応するマップ上のマークの表示非表示が切り替わる（図３－５－①－14）。また、右側枠にはマップの中心周辺の研究成果内容が簡易的に表示される（図３－５－①－15）。

図３－５－①－９　南海トラフ PJ の研究成果の閲覧マップ選択画面

WebGIS のマップ上にある研究を示すマークをクリックすると知りたい研究内容の概要が吹き出し表示され、さらに記述されている URL をクリックすると報告書内容に移動することができる（図３－５－①－16 から 19)。

研究を示すマークの位置が複数重なり合うと表示がわかりづらい場合があるため、今後、閲覧しやすい表現を検討し改善していく予定である。

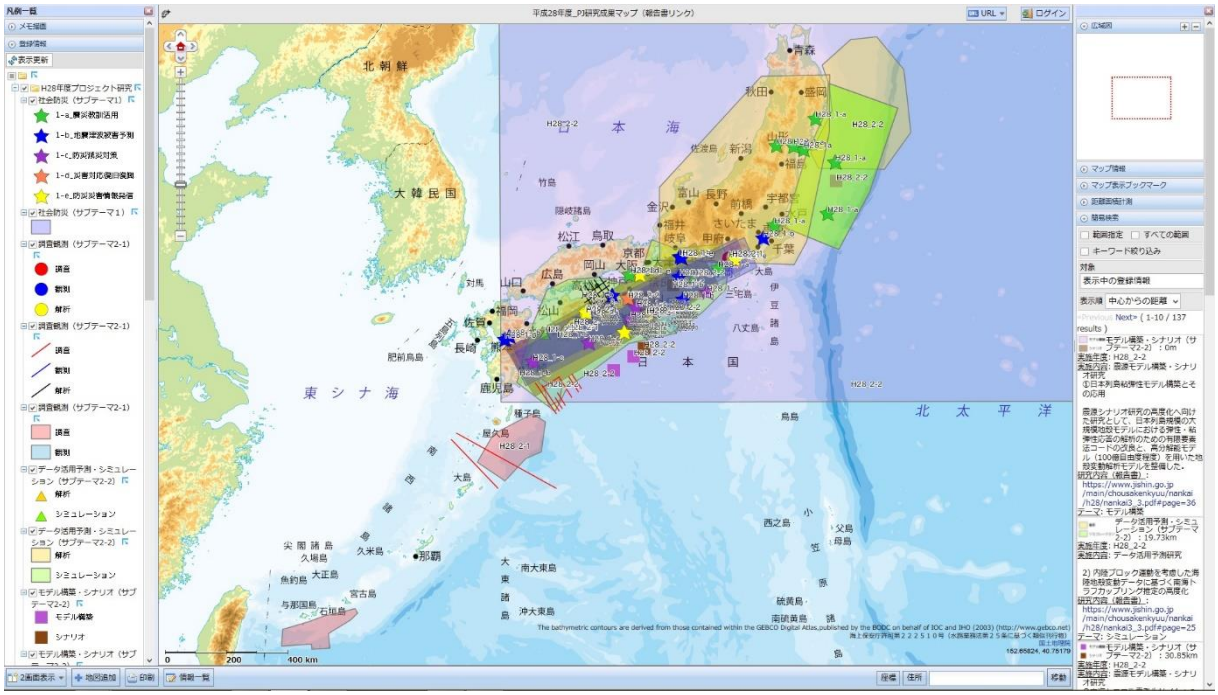


図３－５－①－10　平成 28 年度 PJ 研究成果一覧マップ

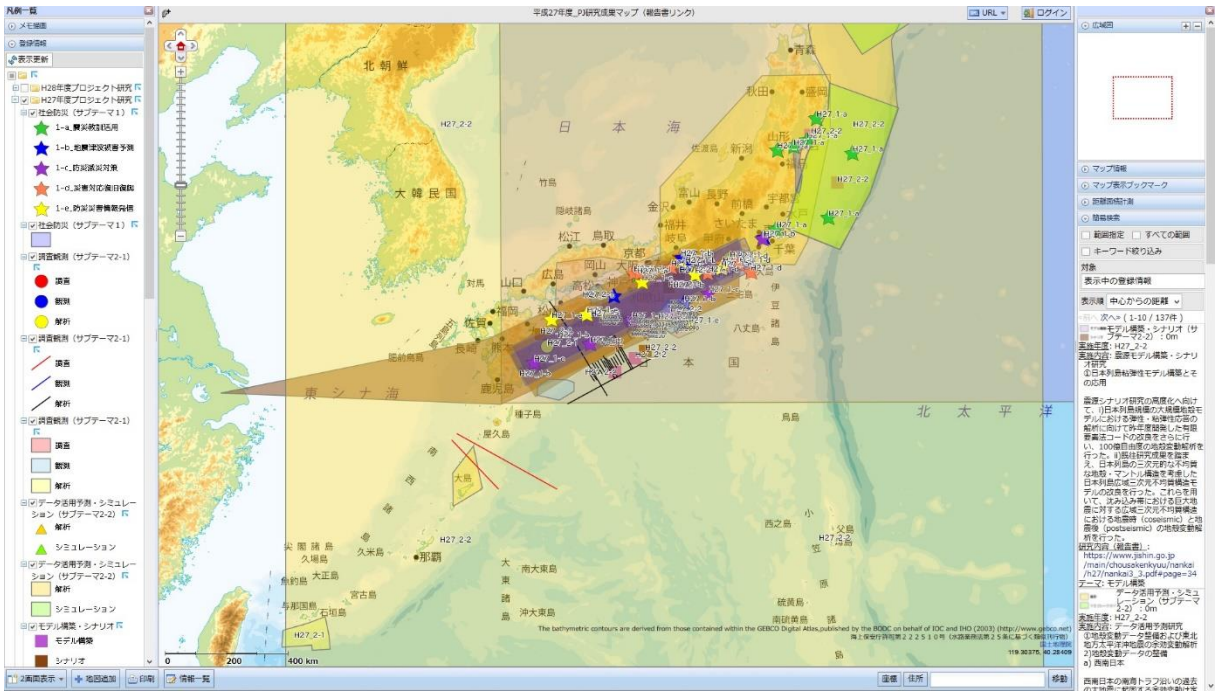


図３－５－①－11　平成 27 年度 PJ 研究成果一覧マップ

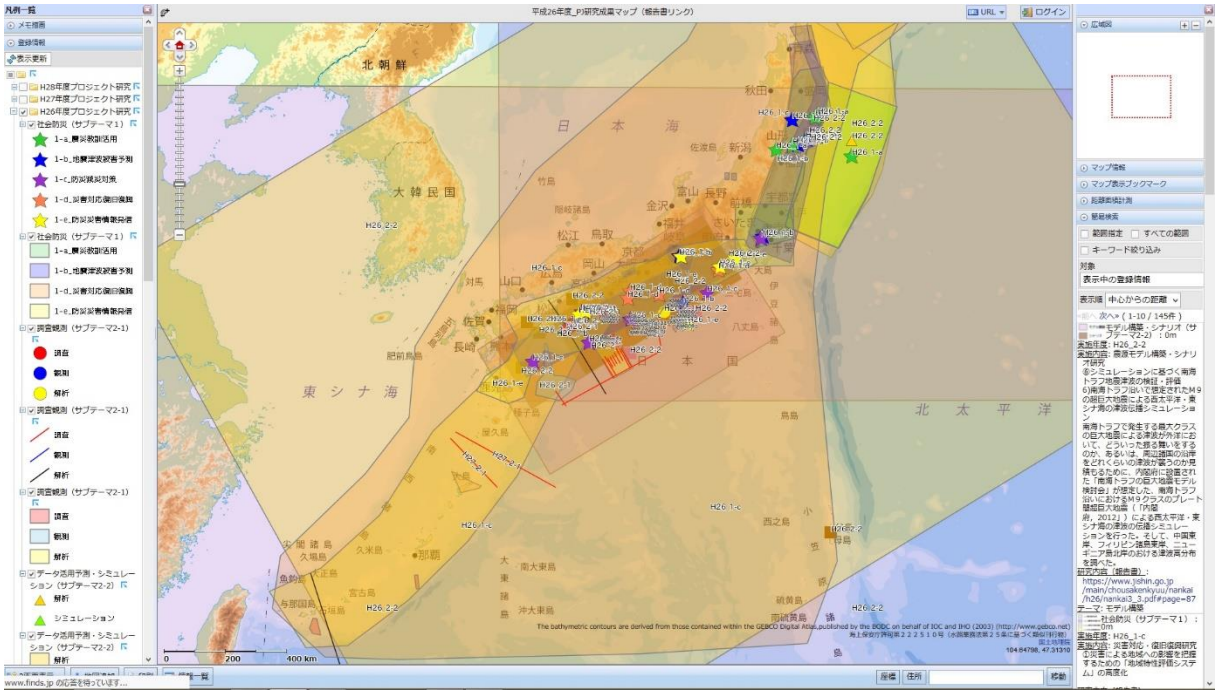


図３－５－①－12　平成 26 年度 PJ 研究成果一覧マップ

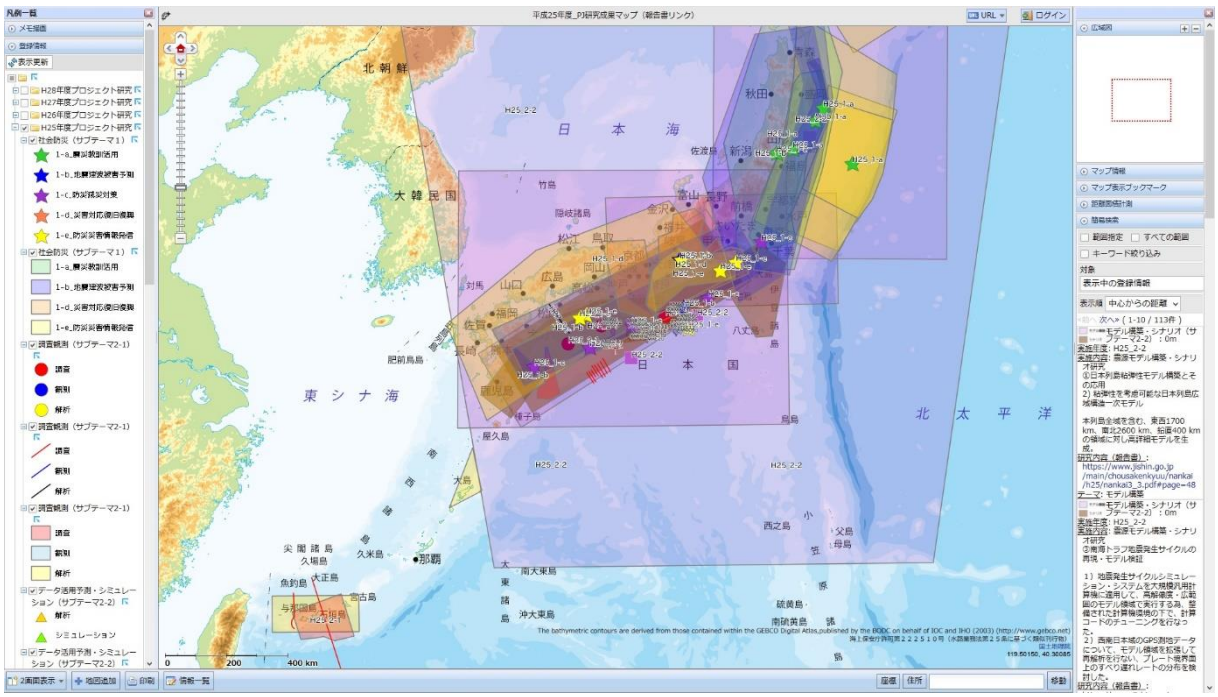
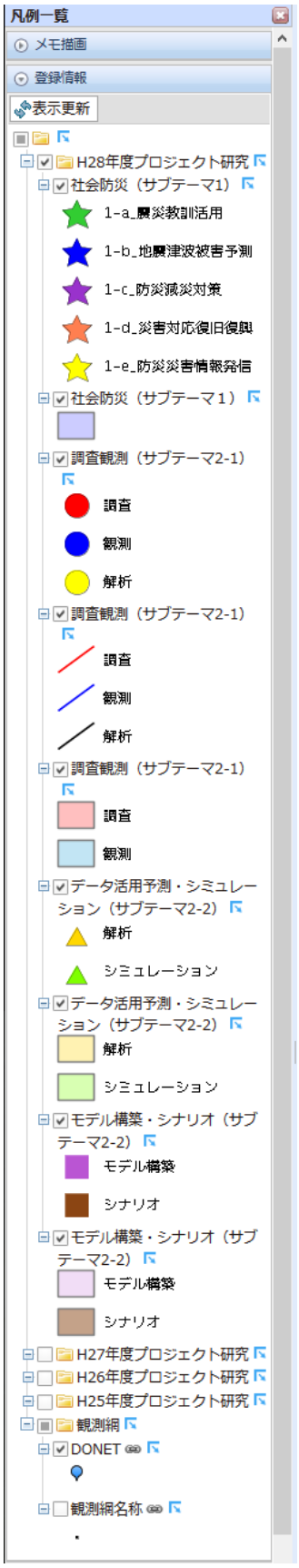


図３－５－①－13　平成 25 年度 PJ 研究成果一覧マップ



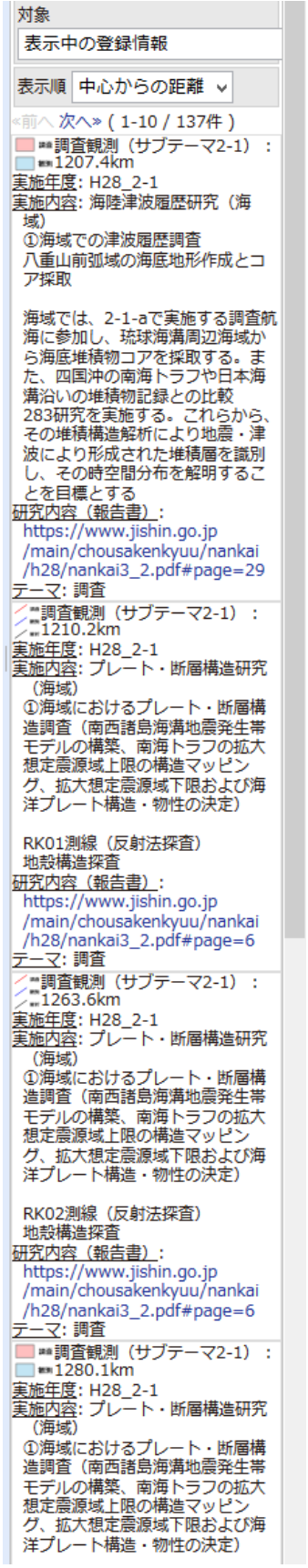


図３－５－①－14（左）　プロジェクト研究成果の項目凡例（WebGIS 左側枠）

図３－５－①－15（右）　プロジェクト研究成果の内容簡易表示（WebGIS 右側枠）

図３－５－①－16　平成 28 年度 PJ 研究成果の概要表示（サブテーマ 2-1）

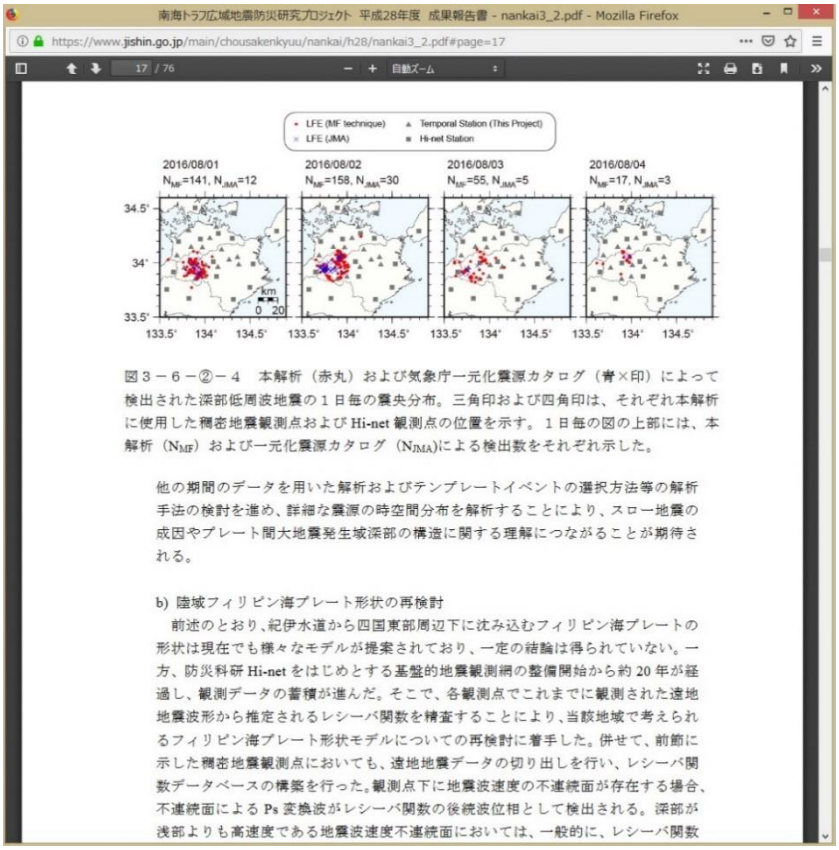


図３－５－①－17　平成 28 年度 PJ 研究成果報告書の表示（サブテーマ 2-1）報告書出典：地震本部 HP

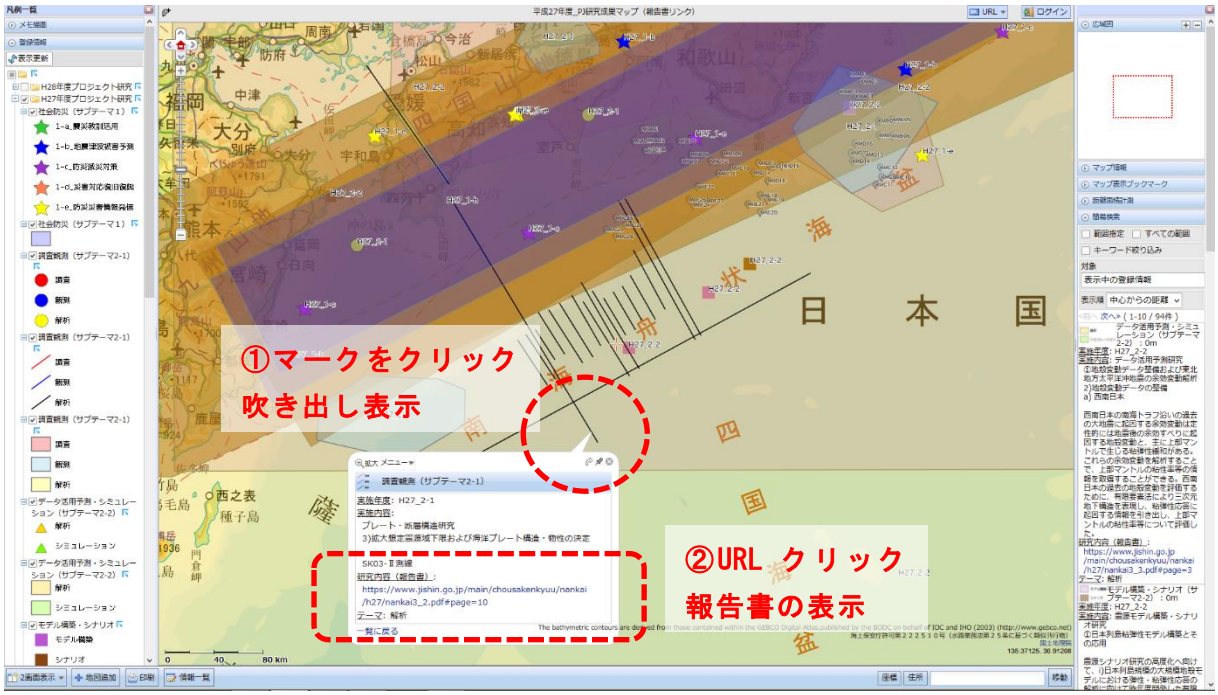
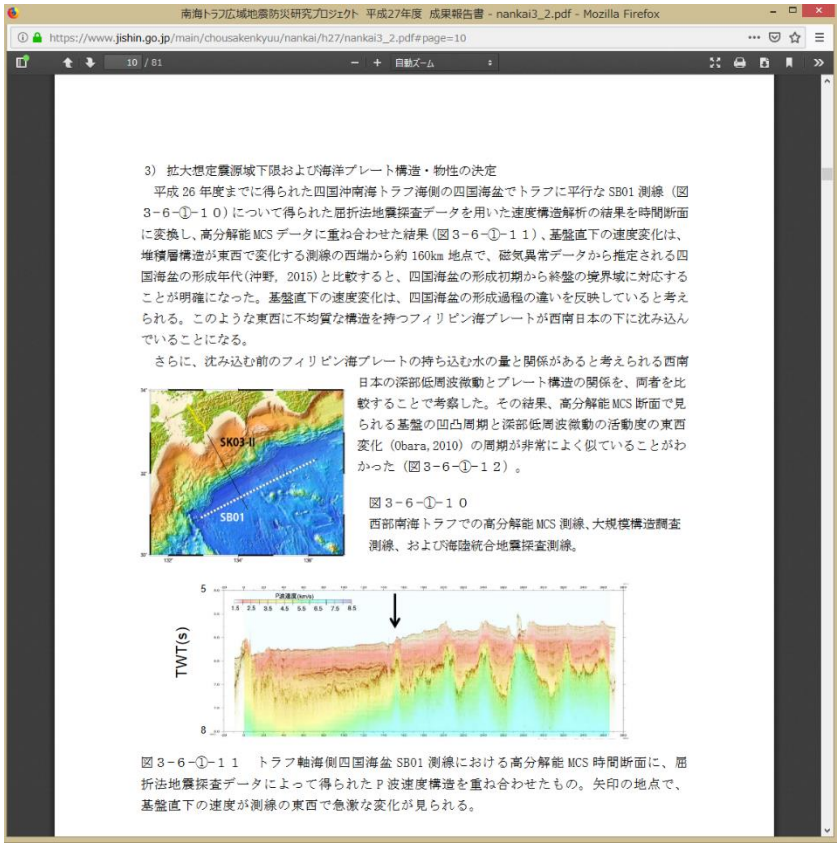


図３－５－①－18　平成 27 年度 PJ 研究成果の概要表示（サブテーマ 2-1）



3）拡大想定震源域下限および海洋プレート構造・物性の決定

平成 26 年度までに得られた四国沖南海トラフ海側の四国海盆でトラフに平行な SB01 測線（図３-６-①-１０）について得られた屈折法地震探査データを用いた速度構造解析の結果を時間断面に変換し、高分解能 MCS データに重ね合わせた結果（図３-６-①-１１）、基盤直下の速度変化は、堆積層構造が東西で変化する測線の西端から約 160km 地点で、磁気異常データから推定される四国海盆の形成年代（沖野，2015）と比較すると、四国海盆の形成初期から終盤の境界域に対応することが明確になった。基盤直下の速度変化は、四国海盆の形成過程の違いを反映していると考えられる。このような東西に不均質な構造を持つフィリピン海プレートが西南日本の下に沈み込んでいることになる。

さらに、沈み込む前のフィリピン海プレートの持ち込む水の量と関係があると考えられる西南日本の深部低周波微動とプレート構造の関係を、両者を比較することで考察した。その結果、高分解能 MCS 断面で見られる基盤の凹凸周期と深部低周波微動の活動度の東西変化（Obara, 2010）の周期が非常によく似ていることがわかった（図３-６-①-１２）。

図３-６-①-１０
西部南海トラフでの高分解能 MCS 測線、大規模構造調査測線、および海陸統合地震探査測線。

図３-６-①-１１　トラフ軸海側四国海盆 SB01 測線における高分解能 MCS 時間断面に、屈折法地震探査データによって得られた P 波速度構造を重ね合わせたもの。矢印の地点で、基盤直下の速度が測線の東西で急激な変化が見られる。

図３－５－①－19　平成 27 年度 PJ 研究成果報告書の表示（サブテーマ 2-1）報告書出典：地震本部 HP

d）クリアリングハウスの連携強化

名古屋大学にて運用しているクリアリングハウスとの連携強化を実施した。災害リスク情報クリアリングハウス連携先設定インターフェイスの機能改修を行ったことにより、双方にて利用許可できる情報に関してよりスムーズな相互乗り入れが可能となる。

分散検索サーバ設定を変更するには、ヘッダー・フッター情報/リンク情報/分散検索サーバ設定画面で「分散検索サーバ設定」タブをクリックし、表示された分散検索サーバ設定画面の「編集」ボタンをクリックすると以下のような分散検索サーバ設定編集画面が表示される。この操作にてサーバ設定を行うことができるようになった（図３－５－①－20）。

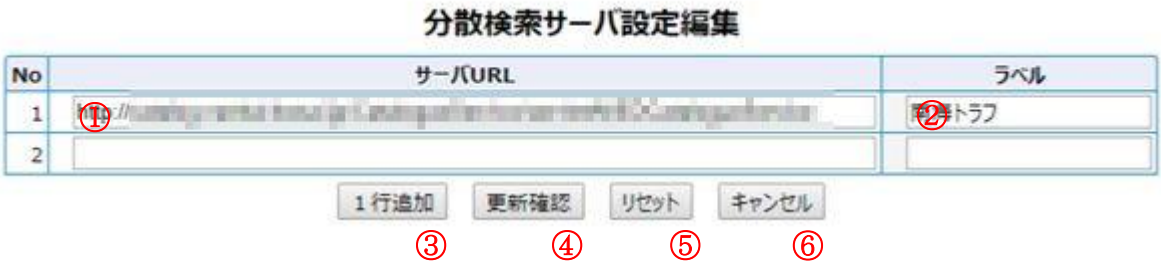


図３－５－①－20　サーバ設定画面

① サーバ URL

分散検索サーバの API の URL を指定。

② ラベル

分散検索サーバのラベルを指定。

ラベルは検索結果のメタデータのサムネイル上に表示される。

③ １行追加ボタン

新たにサーバを追加する場合はこのボタンを押すと空の行が１行追加される。

削除する場合はサーバ URL またはラベルを空欄にすると確認画面で削除される。

④ 更新確認ボタン

入力情報を確認するために、以下の分散検索サーバ設定編集（確認）画面が表示される。

⑤ リセットボタン

入力された情報をリセットし、編集前の状態に戻す。

⑥ キャンセルボタン

編集を中止して、ヘッダー・フッター情報/リンク情報/分散検索サーバ設定画面に戻る。

e）サイトのセキュリティ向上

サイト自体のセキュリティ向上を考慮して、http から https へと変更を実施した（図３－５－①－21）。ただし、一部ページは動作検証中のため http の状態を継続している。

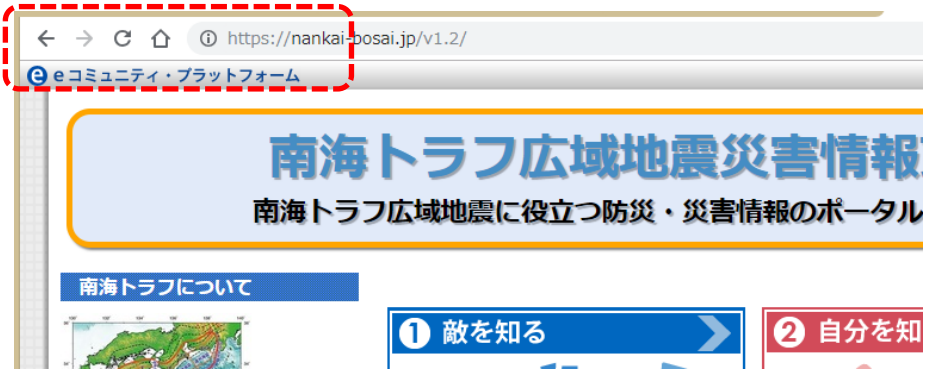


図３－５－①－21　https にアップデートしたサイト URL 表示

f）災害情報プラットフォーム Ver1.2 の公開

前述しているコンテンツ追加や、改修作業を実施し、災害情報プラットフォームを Ver1.2 にアップデートし一般公開した。

2）大阪府での災害情報プラットフォーム利活用検証

防災の本質は事前からの備えである。平常時に可能な限り対策を実施し、実際の被害が拡大しないようにすることが大事である。災害情報プラットフォームを役立てる視点からも、平常時から利用され、事前計画や災害対策に利用され、災害発生時には迅速に減災活動に役立てられるようにしておく必要がある。また、時間的に余裕のある平常時から、「そもそも情報が存在する事」、「どのような種別の情報があるのか」、「その効果的な使い方」を理解しておく必要がある。

そのため大阪府の被災者対応を実際に行う組織である社会福祉協議会（以下：社協）と協力して平成 27 年度から利活用実験を行ってきた。実際にユーザに見て利用してもらうことにより課題や改善点が検証でき、災害情報プラットフォームの改善にもつながる。

以下の図３－５－①－22 では検証サイクルを説明している。左上が災害情報プラットフォームを活用した平常時からの研修活動で、右上にて、その知見を事前の計画立案や実際の災害時対応にて役立てる。その後右下の振り返りと課題抽出を行い、左下にて災害情報プラットフォームの改善を実施する流れである。

ユーザが平常時から最新研究成果を知り、事前計画や災害対応の活動に役立てる。

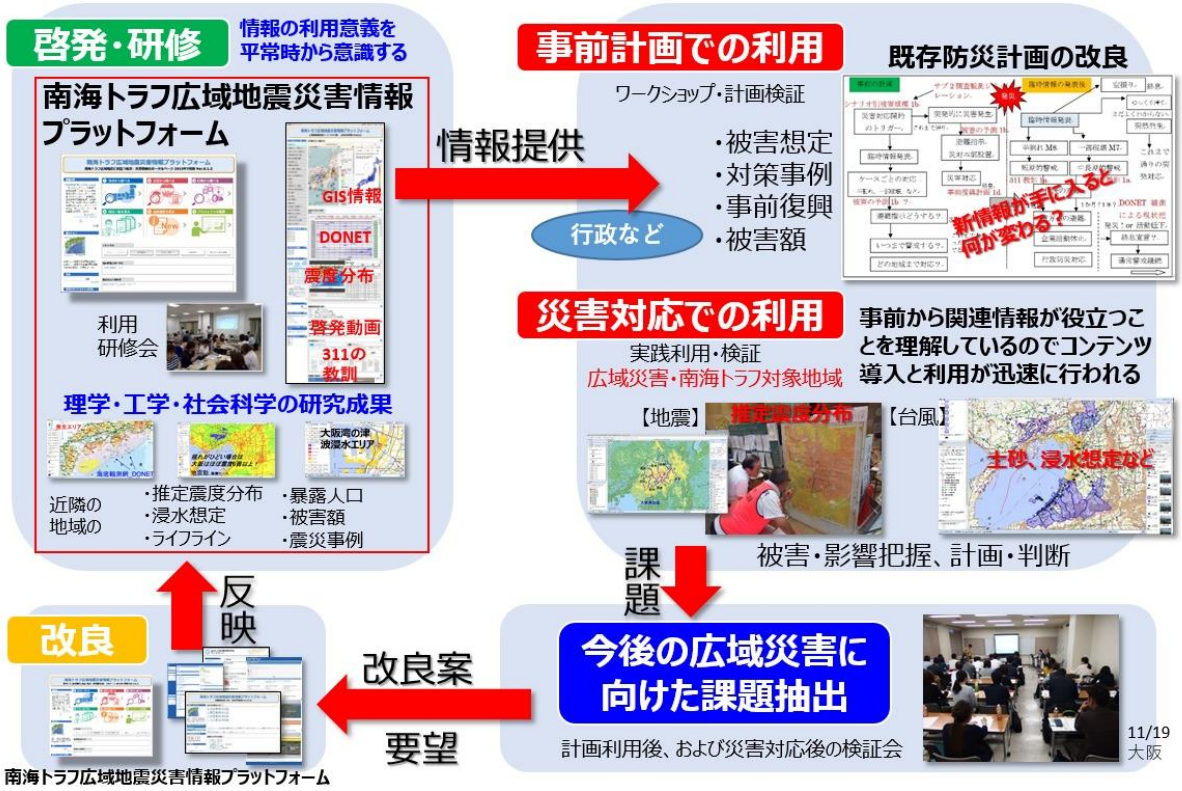


図３－５－①－22　平成 30 年度の利活用検証サイクル概要

大阪府社協は、大阪府内の政令指定都市を除く 31 市９町１村の市町村社協を調整する組織である。図３－５－①－23 のように北摂・河北・河南・泉州ブロックに分けられた各市町村社協に対して福祉・防災に関する研修やアドバイスを行っている。その一環として、災害に対する要支援者への事前対策や災害発生時の被災者生活ケア、また共助の場である災害ボランティアセンター運営についての事前研修において、災害情報プラットフォーム利活用実験を実施している。

図３－５－①－24 には大阪府での各社協組織の連携範囲と関係性を記す。基本的に政令指定都市の大阪市と堺市の社協は独立活動を行っており、それ以外の市町村社協が府社協と連携している。また、より広域な組織として近畿圏の府県社協の集まりである近畿ブロック、そして全国を調整している全国社協が存在する。ただしこの関係性も上下関係のない緩やかな連携となっている。

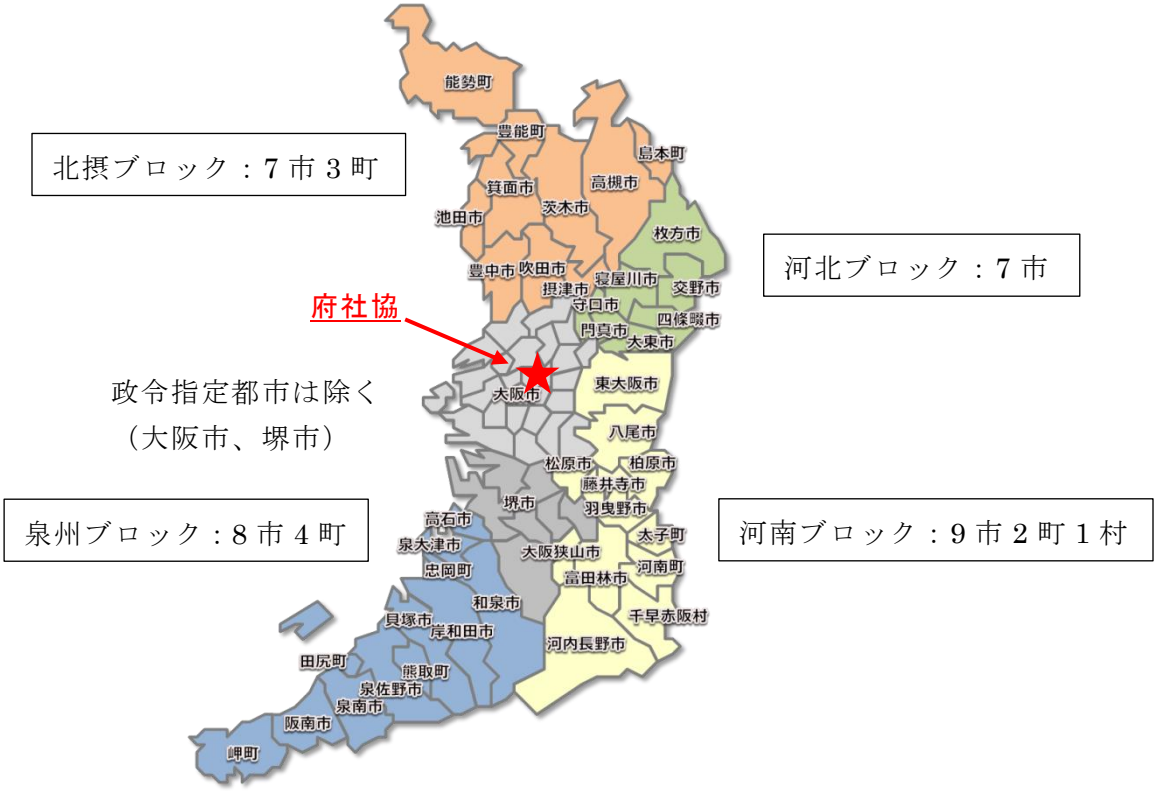


図３－５－①－23　大阪府社協が調整する社協ブロック

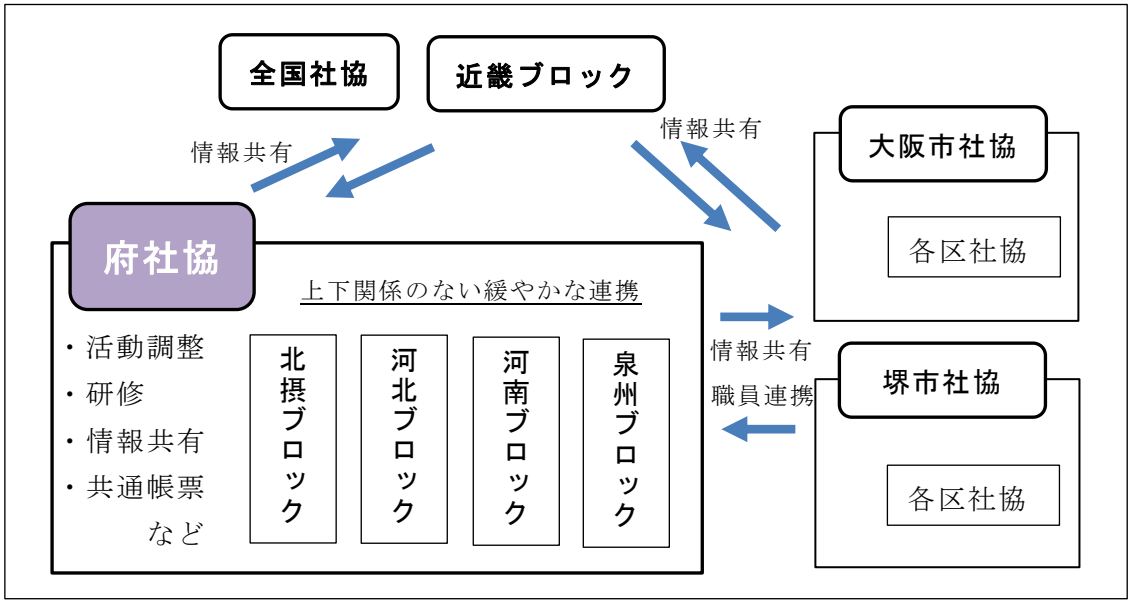


図３－５－①－24　大阪府の社協における災害対応時の組織連携の関係図

利活用実験としての研修会等では、大阪府社協の平常時ポータルサイトを構築し、そこに災害情報プラットフォームをリンク先として埋め込んでいる（図３－５－①－25、26）。その平常時ポータルサイトから災害情報プラットフォームへと移動し、震災教訓の津波動画（1a）や、被害想定の情報（1b）、DONET 波形表示（1e）、津波シミュレーション画像（2-2）など、大阪湾や大阪平野での被害の参考事例として閲覧できる情報を

使いながら、自分の担当地域での被災者対応計画を考えた(図３－５－①－27から32)。

平成 30 年度の研修会は２回実施した。地震と台風災害発生前の４月 24 日と、発生後の平成 31 年２月 16 日である。また、11 月 19 日には災害対応の振り返りを行う会議を実施した（写真３－５－①－１から６）。災害対応の内容については後述する。

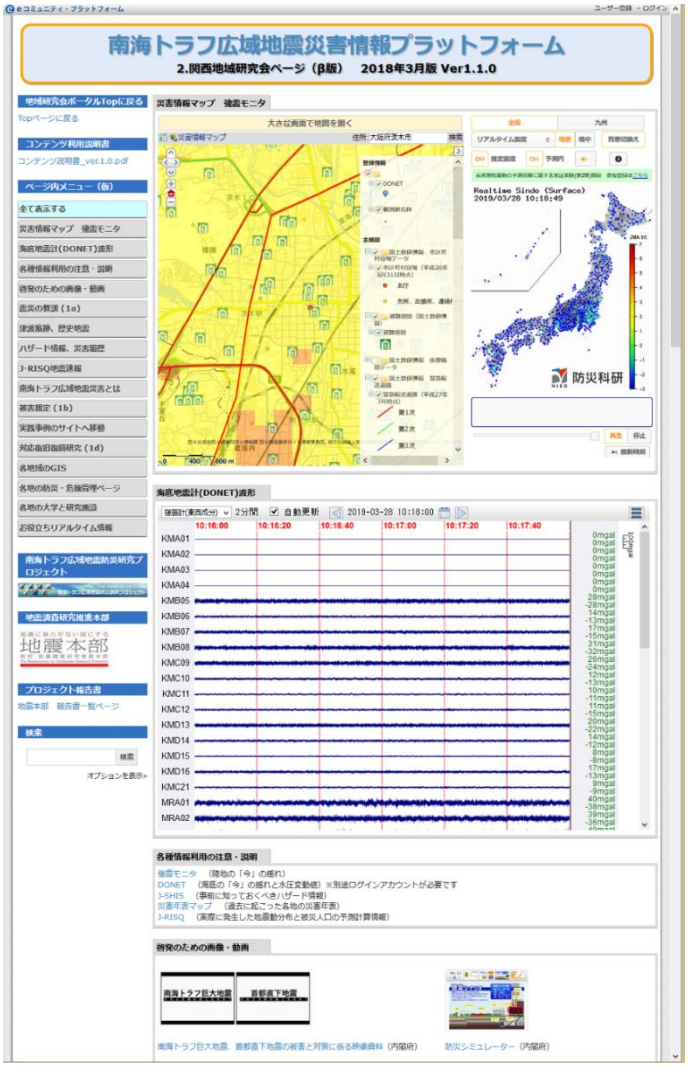
府域の各市町村社協関係者間で行政境界を越えて利用することにより、自分の地域単独の活動ではなく広域災害への備えとしての対応計画の立案や、その実行のために不足している人材や機材、ルール等の項目の明確化、活動や情報共有の必要性について議論を行い、甚大な災害への心構えを強化することを目指した。

平成 30 年度の研修会では、図３－５－①－33 のように、WebGIS のマップ上で要支援者の自宅を仮想的に設置し、研修参加者が支援者として指定避難所まで搬送するためのルートを計画した。搬送ルートとしては、液状化の激しい道路の迂回、強い地震動が想定される密集市街地の中の細い路地は通らない、川の近くは津波の遡上の危険があるので迂回するなどの判断を行い、安全性を判断してルート案を考える試みを行った。

また、その地区の要支援者の介護レベルや対象者の密集度を考慮し、避難するときに求められる専門スキルの要不要や、対処するために必要な担当人数等、事前計画案を考えた。

図３－５－①－25　大阪府社協ポータルサイト（非公開）と災害に関する情報閲覧

図３－５－①－26　災害情報プラットフォームへの移動



WebGIS マップ
・想定震度
・想定液状化危険度
・想定津波浸水エリア
・指定避難所
・役場や支所
・緊急輸送道路

地震動の閲覧
・強震モニタ（陸域）
・DONET リアルタイム波形（海域）

津浪浸水シミュレーション動画

ほか関連情報

図３－５－①－27　大阪府周辺の地震関連情報の閲覧

図３－５－①－28　動画でふりかえる３．１１（東北大学）

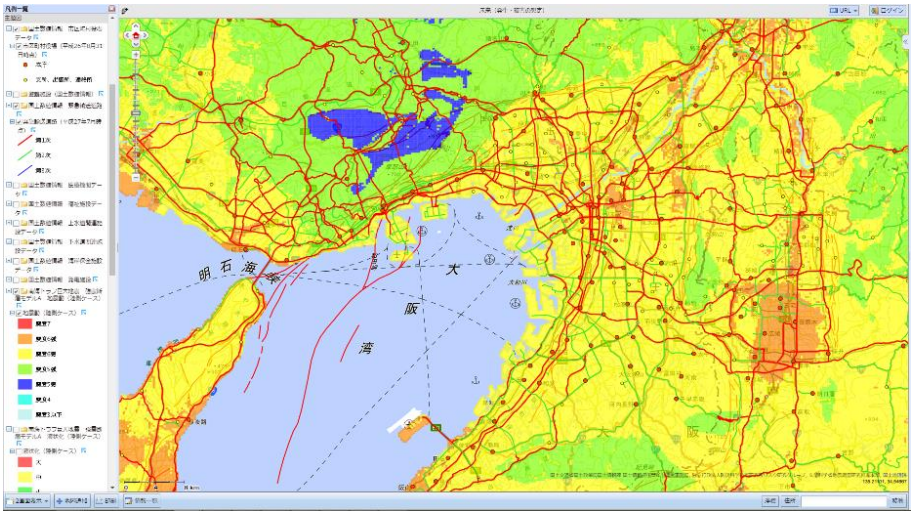


図３－５－①－29　大阪府周辺の南海トラフの陸側ケース（内閣府想定）と国土数値情報緊急輸送道路と地震本部活断層図　黄色：震度６弱、オレンジ色：震度６強

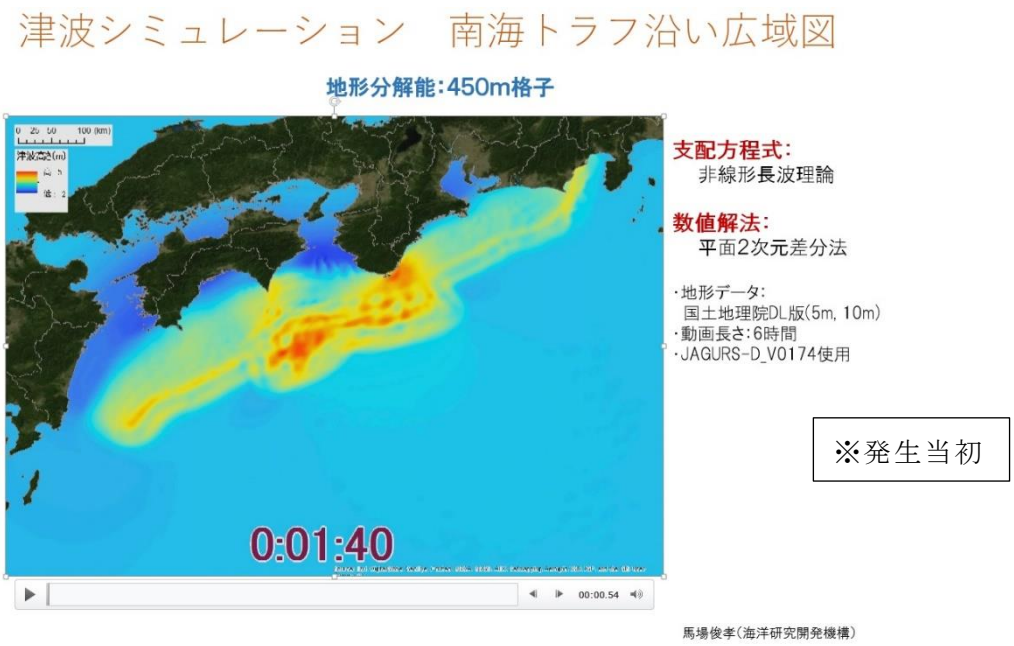


図３－５－①－30　南海トラフの津波到達シミュレーション例 画像１（JAMSTEC）

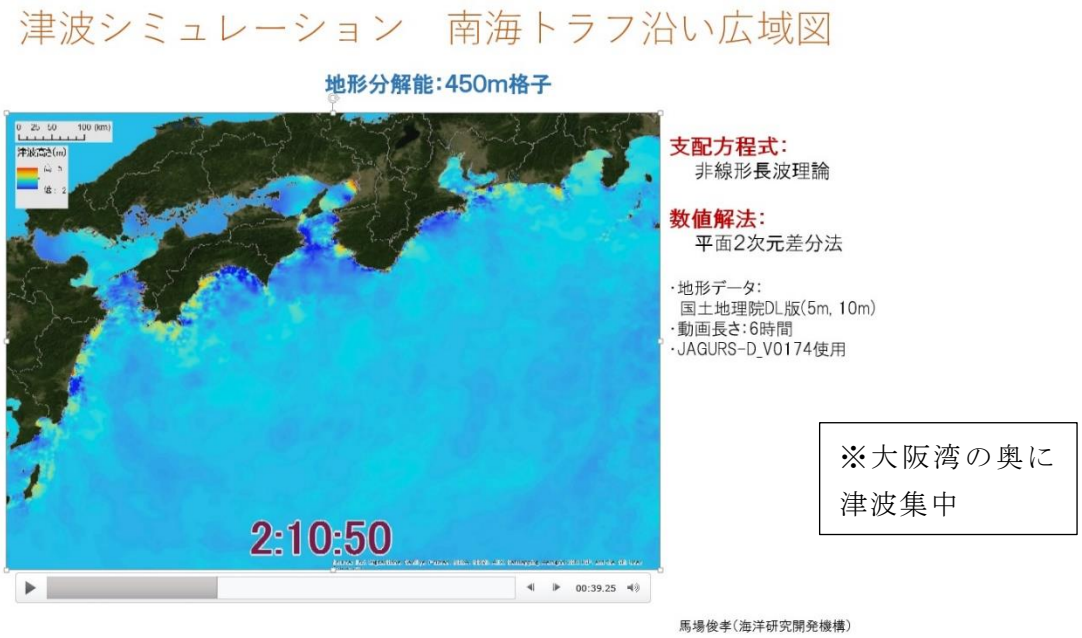


図３－５－①－31　南海トラフの津波到達シミュレーション例 画像２（JAMSTEC）

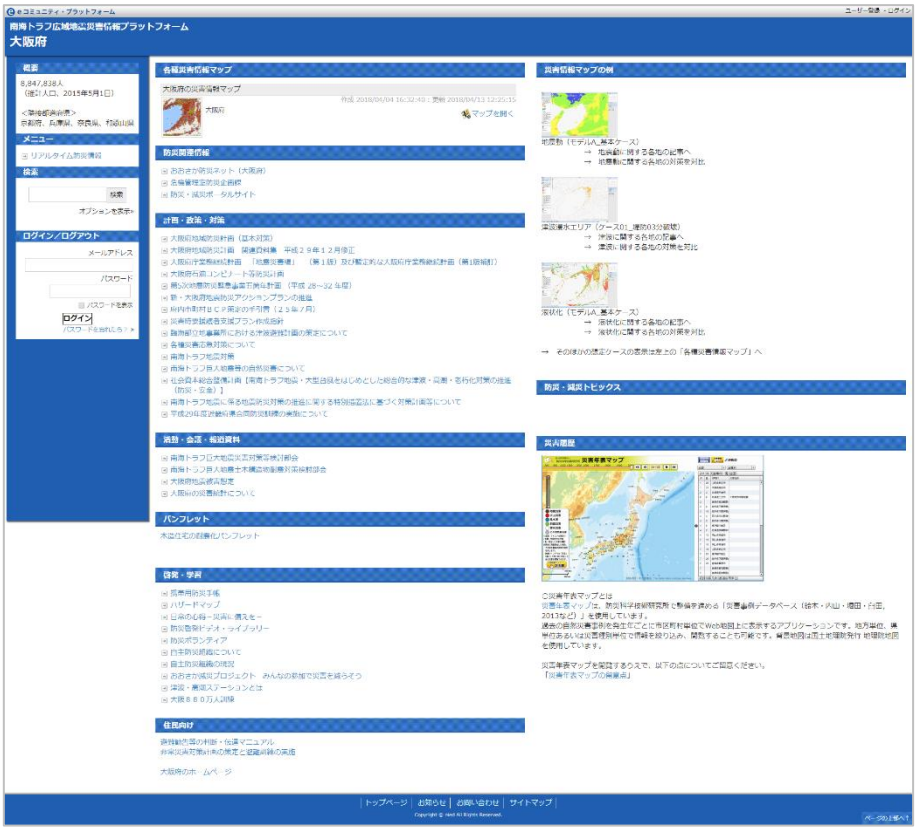


図３－５－①－32　行政が公開している災害対策に関する情報集約ページ（大阪府）

写真３－５－①－１（左）大阪府内の社協職員向け利活用研修会　（平成30年4/24）
写真３－５－①－２（右）同上

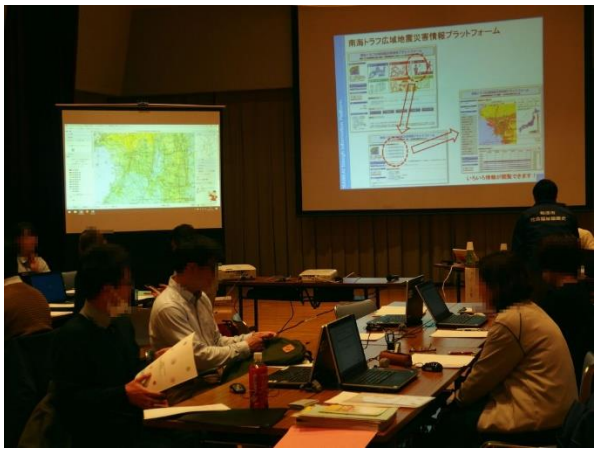


写真３－５－①－３　大阪府松原市社協との平常時活動打ち合わせ（平成 30 年 10/29）
写真３－５－①－４　大阪府柏原･羽曳野･藤井寺市社協の合同研修会(平成 31 年 2/16)

写真３－５－①－５（左）大阪府の社協による北部地震と台風21号の対応振り返り（平成30年11/19）
写真３－５－①－６（右）同上

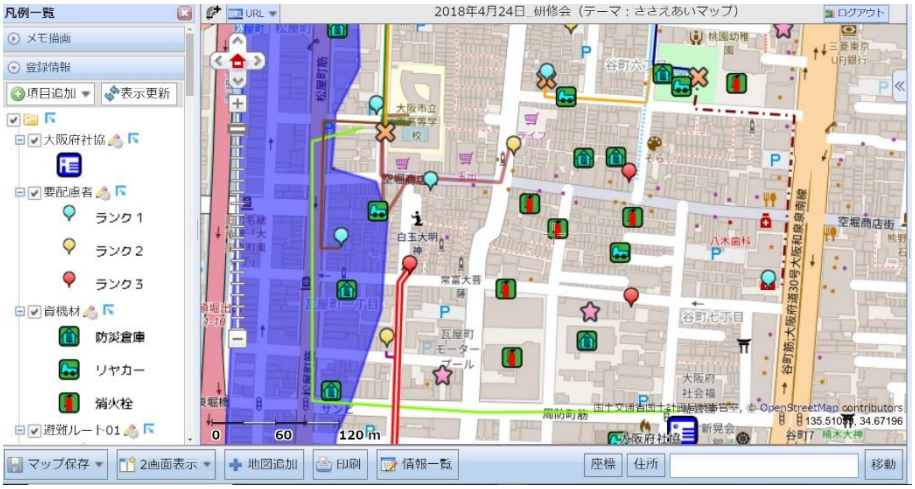


図３－５－①－33　要支援者避難ルート検討マップ 左側青色は河川氾濫エリア（4/24）

3）災害時の情報利活用検証

前述しているように大阪府では、平常時から災害情報プラットフォームを閲覧し、南海トラフに関する過去の被害記録や、現在の調査内容、また大阪府近辺の地震動や津波浸水エリア等に関する想定情報を知る研修会を実施している。この活動により、平常時から大阪の社協職員は実際の災害発生時に、要支援者対応活動で迅速に利用できる情報の存在や参照方法を知り、その効果を理解していた。

南海トラフそのものの広域災害ではないが、平成 30 年度は大阪周辺で２度の大きな災害が発生した。６月 18 日の大阪府北部の地震と９月４日の台風 21 号災害である。被害の内容としては、地震動による被害と台風による高潮被害があり、南海トラフによってもたらされる被害を連想させる内容であった。

災害情報を利活用し､府社協では被災地域全体の状況を把握し､必要人員の派遣調整、府域の情報集約共通フォーマット（エクセル表）の作成配布を行った。被災現地の市町社協では、住民への聞き取り調査エリア範囲の選定、対処優先順位の判断等が実際に行われた（図３－５－①－34）。また今回は、政令指定都市である大阪市と堺市の２市社協も府社協と情報共有し、職員の連携が行われた。

図３－５－①－34　災害対応時の運用イメージ（事例：H30 年度の災害時）

a）大阪府北部の地震

地震発生後に、地震動による地表の面的な推定震度分布の情報を、大判印刷地図とWebGIS ツールにより大阪府社協および被災現地の市社協に提供した（図３－５－①－35、36)。情報内容の意味や、情報の参照方法については平常時から研修を行っていたため災害現場での受け入れはスムーズであった。被害の大きな地域の判断を行い、調査の優先順位や、必要人員数の予測に役立てられた（図３－５－①－37、写真３－５－①－７、８)。

対象とした地域は、震度６弱が想定された大阪府の枚方、高槻、茨木、箕面、豊中、吹田、摂津市の７市と、全体を把握する立場にある府社協を合わせた８か所である。

地震動による家屋被害
電気ガス水道の供給停止

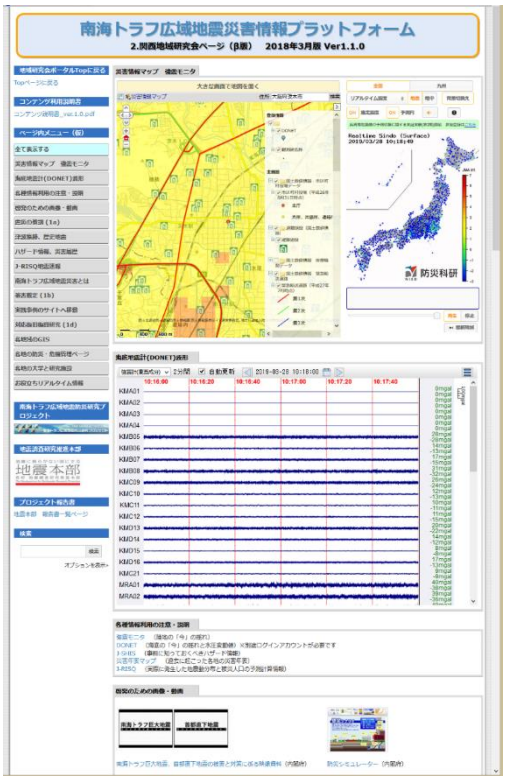


図３－５－①－35（左）　大阪府北部の地震にて対応した市の位置図（着色個所）

図３－５－①－36（右）　地域研究会向けページ（マップには想定地震動や避難所を表示、地震観測リアルデータなど閲覧可）

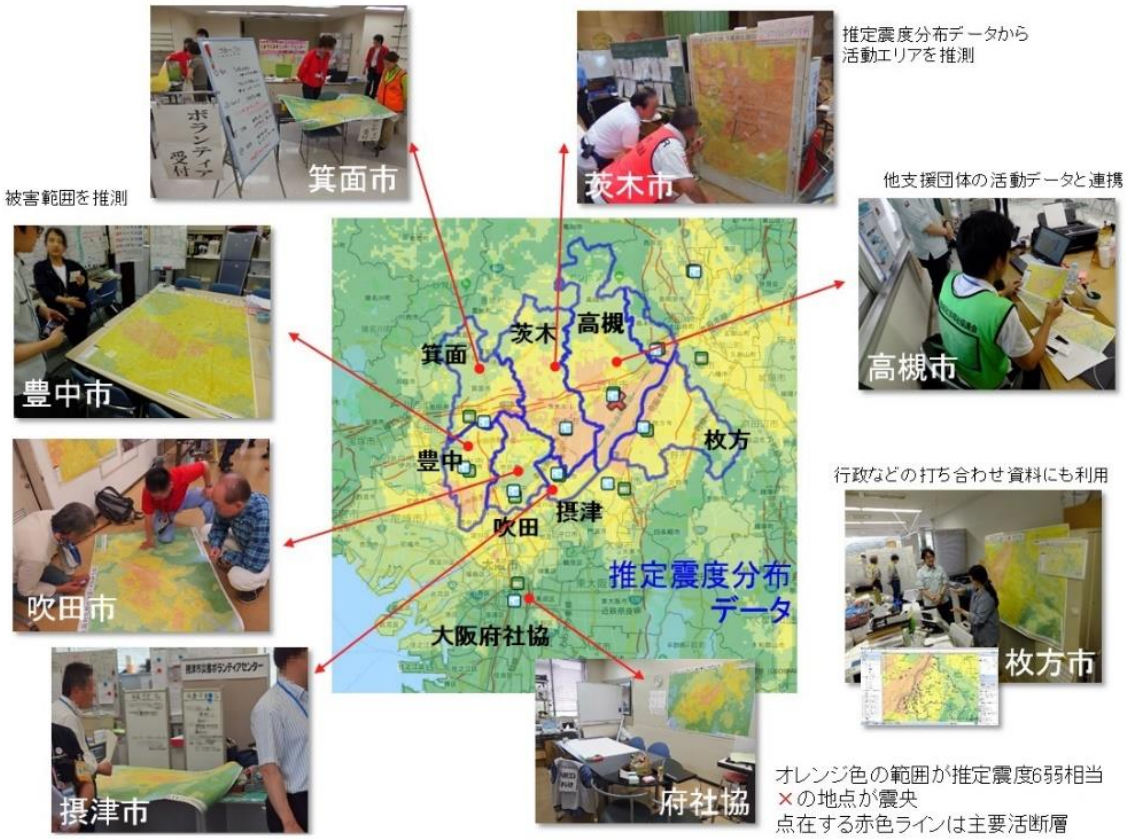


図３－５－①－37　推定震度分布（防災科研）を利活用した７市社協と府社協

写真３－５－①－７（左）大阪府茨木市災害ボランティアセンターの推定震度マップ（平成 30 年 6/24）

写真３－５－①－８（右）大阪府北部の地震による被害（平成 30 年 6/19）

b）台風 21 号での高潮

台風被害発生後に、大阪府沿岸部における南海トラフによる津波浸水の想定情報を、大判印刷地図と WebGIS ツールにより大阪府社協および被災現地の市町社協に提供した（図３－５－①－38、39）。今回の災害は津波ではないため、津波浸水の想定情報が直

接的に役に立ったわけではないが、沿岸部の低標高地域や河川の遡上の危険性がある箇所についての危険性の再確認や、海からの浸水被害に対する意識啓発を目的に情報提供した（図３－５－①－40 から 42）。

対象とした地域は、大阪府沿岸南部の、阪南、泉南、泉佐野、貝塚、岸和田、泉大津、和泉市の７市、と熊取町の１町。また強風による内陸の被害エリアとして河内長野、富田林、茨木市、豊中、吹田の５市と、全体を把握する立場にある府社協を合わせた 14 か所である。

関西国際空港への高潮被害は想定外の結果になったが、幸いなことに大阪府南部に位置する泉州地域の本州陸側では目立った高潮被害は無かった（写真３－５－①－９、10）。

強風
河川氾濫
土砂崩落
高潮
火災
電気ガス
水道の供
給停止

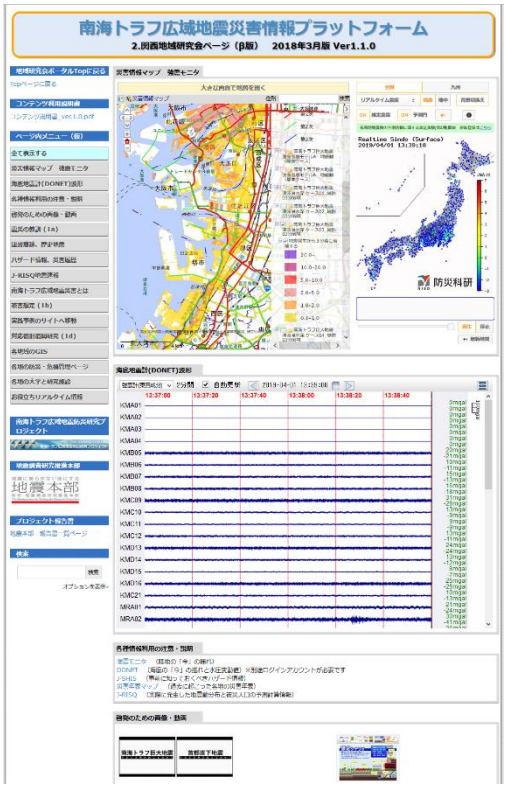


図３－５－①－38（左）　台風 21 号被害にて対応した市町の位置図（着色個所）
図３－５－①－39（右）　地域研究会向けページ（マップには津波浸水想定と避難所など閲覧可）

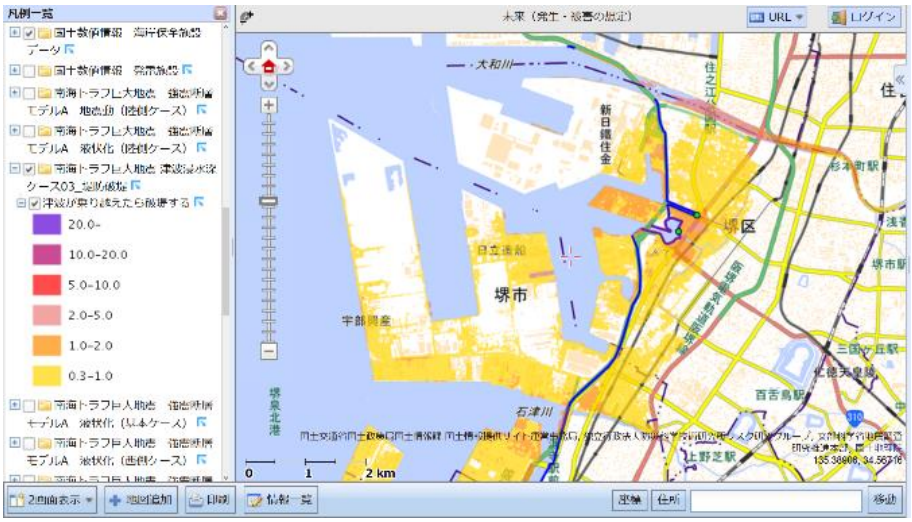


図３－５－①－40　参考にした南海トラフ津波浸水ケース 03 堤防 03 分後に破壊（内閣府想定）　堺市の沿岸部

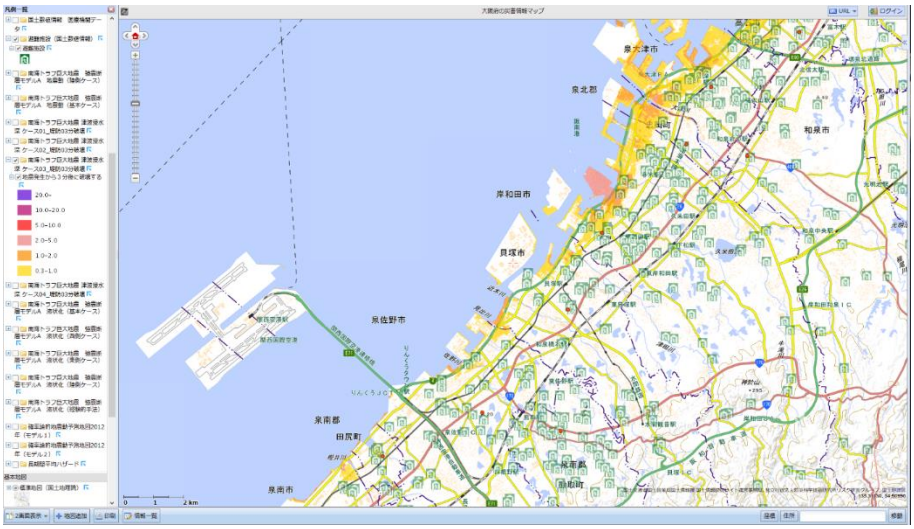


図３－５－①－41　参考にした南海トラフ津波浸水ケース 03 堤防 03 分後に破壊（内閣府想定）　関空から泉大津市の沿岸部

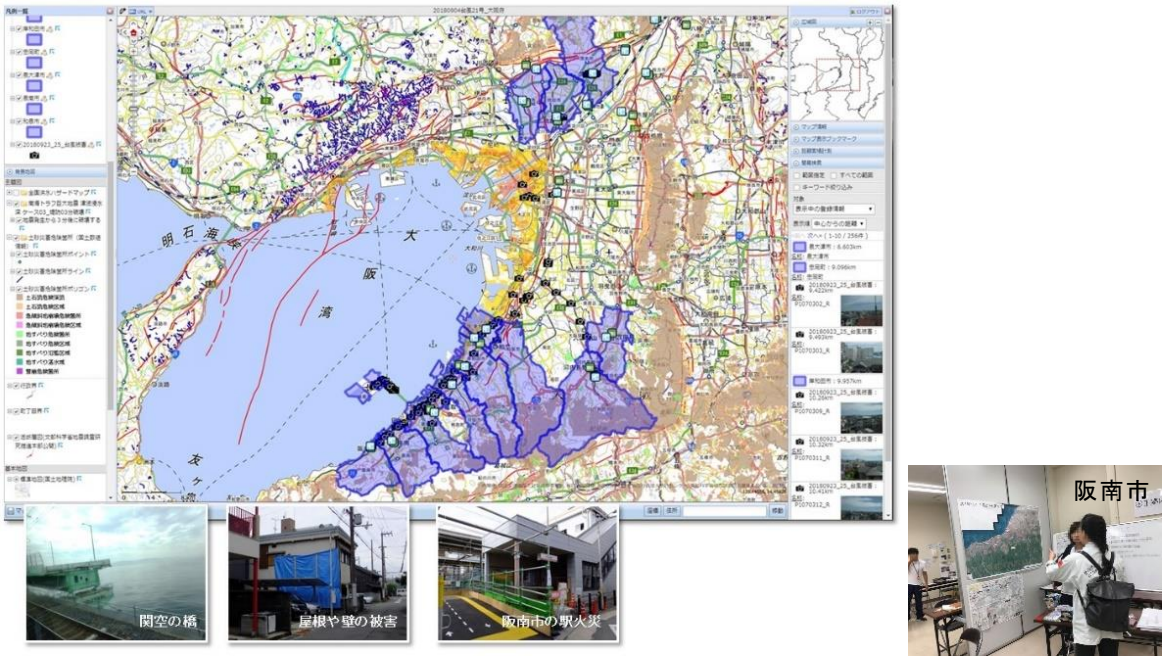


図３－５－①－42　台風 21 号被害（9/4）において被害情報対応した市町社協の位置と想定津波浸水エリア（内閣府想定）と国土数値情報土砂災害危険個所と調査記録写真位置（平成 30 年 9 月）

写真３－５－①－９（左）関西国際空港側の防潮壁　（平成 30 年 9/24）
写真３－５－①－10（右）大阪府泉佐野市の本州陸側の護岸（平成 30 年 9/24）

c）大阪府内社協の災害情報利活用の実態調査

大阪府北部の地震と台風 21 号被害における大阪府内の社協組織に情報の利活用について事後調査を行った（写真３－５－①－11）。

その結果、被害状況把握に役立つ情報、交通や物流の状況情報、関係者間での情報共有、運用に役立つデータベース構築ツール、関係組織のリスト構築と共有ツール等の必要性があげられた。その中でも「被害状況把握に役立つ情報」が、災害情報プラットフォームにて提供している被害想定情報等が役立てられる個所になると思われる。

地震動や津波浸水エリアの想定情報が、初動期の地震動被害についての判断根拠情報としてだけではなく、実被害の情報が確定するまでの間は、被災人数や、家屋損壊、道路閉鎖、湛水範囲と時期、利用可能なガレキ置き場の場所、仮設住宅建設の場所などの判断を行うときの参照情報としても役立てられる可能性がある。

もちろん災害発生後の対応は、あくまでも減災活動であり、前述しているように、平常時からの情報利用による各種の災害対策計画立案に役立てられる防災対策こそが大事である。今回の災害対応経験を活かして、次の災害に向けた事前の防災計画立案に災害情報プラットフォームが利活用されるように研修等を実施していく予定である。

以下の表３－５－①－１と表３－５－①－２は、平成 31 年１月と２月に実施したヒアリング調査の対象組織である。延べ数 53 組織。また、表３－５－①－３は調査結果の概要である。

表３－５－①－１　調査対象（災害種別：平成30年６月の大阪府北部の地震）

No.	組織名	府内ブロック	種別
1	豊中市社会福祉協議会	北摂ブロック	市町村社会福祉協議会
2	池田市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
3	吹田市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
4	高槻市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
5	茨木市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
6	箕面市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
7	摂津市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
8	島本町社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
9	能勢町社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
10	枚方市社会福祉協議会	河北ブロック	市町村社会福祉協議会
11	寝屋川市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
12	四條畷市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
13	交野市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
14	八尾市社会福祉協議会	河南ブロック	市町村社会福祉協議会
15	河内長野市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
16	松原市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
17	柏原市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
18	羽曳野市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
19	藤井寺市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
20	大阪狭山市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
21	河南町社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
22	千早赤阪村社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
23	岸和田市社会福祉協議会	泉州ブロック	市町村社会福祉協議会
24	泉大津市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
25	貝塚市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
26	高石市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
27	忠岡町社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会

表３－５－①－２　調査対象（災害種別：平成30年9月の台風21号、高潮・強風）

No.	組織名	府内ブロック	種別
1	豊中市社会福祉協議会	北摂ブロック	市町村社会福祉協議会
2	池田市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
3	吹田市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
4	摂津市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
5	島本町社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
6	能勢町社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
7	枚方市社会福祉協議会	河北ブロック	市町村社会福祉協議会
8	寝屋川市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
9	門真市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
10	交野市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
11	八尾市社会福祉協議会	河南ブロック	市町村社会福祉協議会
12	富田林市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
13	河内長野市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
14	柏原市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
15	羽曳野市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
16	大阪狭山市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
17	河南町社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
18	岸和田市社会福祉協議会	泉州ブロック	市町村社会福祉協議会
19	泉大津市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
20	貝塚市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
21	泉佐野市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
22	和泉市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
23	泉南市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
24	阪南市社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
25	忠岡町社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会
26	田尻町社会福祉協議会		市町村社会福祉協議会

表３－５－①－３　調査結果の概要

	災害対応の実体	ニーズと課題
活用情報	各事業利用者の名簿 行政防災部門との情報交換 ひとり暮らし高齢者名簿 日常生活自立支援事業利用者名簿 災害対策本部からの避難所リスト 要援護者台帳 地区福祉委員長への聞き取り・聞き取り情報の集約 ニーズ受付票・活動場所の地図・拡大地図を活用したニーズの落とし込みエクセル表 ゼンリン電子地図	市内被害状況がわかるもの（紙 or データ）ICT ツール 空き家屋の情報 近隣の災害ボランティアセンターのリアルタイムな情報（必要な物資、余っている物資、ボランティア・スタッフの過不足など） 技術系のボランティア情報 ブルーシート張りに対応できる団体一覧
運用面	全常勤職員 地域福祉課職員 電話・現地調査にて被害状況把握	職員が少ない 事務局として役職員の安否確認のやり方 情報運用担当職員不足 形式的なものではなく、窮状が想定されたマニュアル 行政の理解 情報関連に詳しい職員
機材	通常利用のパソコンなど	災害時使用する機材とその保管場所 災害専用のパソコン 専用の電話 ボランティア活動用の資機材・軽ダンプ

写真３－５－①－11　大阪府内の社協の活動内容調査（平成 31 年 2/6）

4）行政資料の調査と防災計画への利活用検証の試み

行政組織である県や市町村が防災目的で判断・行動するべき項目の把握を行い、防災担当者が判断・行動するときに当プロジェクト研究成果を参考利用できるような災害情報プラットフォームのページ構築の試みを始めた。まずは簡単な対応をイメージしたフロー図を作成し、仮想的に検証を行った。

a）南海トラフの広域災害に対処する行政イメージモデルを検討

災害対応する主体として、表３－５－①－４の３者を想定した。今回は、主役を行政とし、その動きの中で他の対象者への対処を入れつつ、南海トラフの災害が発生する各種パターンに対してどのような行動が実行されるのかを簡単にまとめた。

以下の図３－５－①－43 では、検証作業の流れをイメージしている。対象の場所と部署を決め、ヒアリング調査し、行動フローを作成する。その後、災害情報プラットフォームを活用した情報利活用ワークショップを行い、事前に作成した行動フローを検証する。そこで見出された、研究成果等の情報を利活用した場合の改善点や変化内容を、今後の行政の計画や活動に反映していけるように推奨していく。

図３－５－①－44 と図３－５－①－45 は関西地域の紀伊半島を想定した場合の災害発生時の対応イメージである。

表３－５－①－４　行動の主体と活動項目

行動の主体	活動内容
行政	担当する行政エリアの統括、調整、決断
住民	自助、共助、自立行動
民間企業	事業継続、経済活動の回復、公共交通・サービスの維持

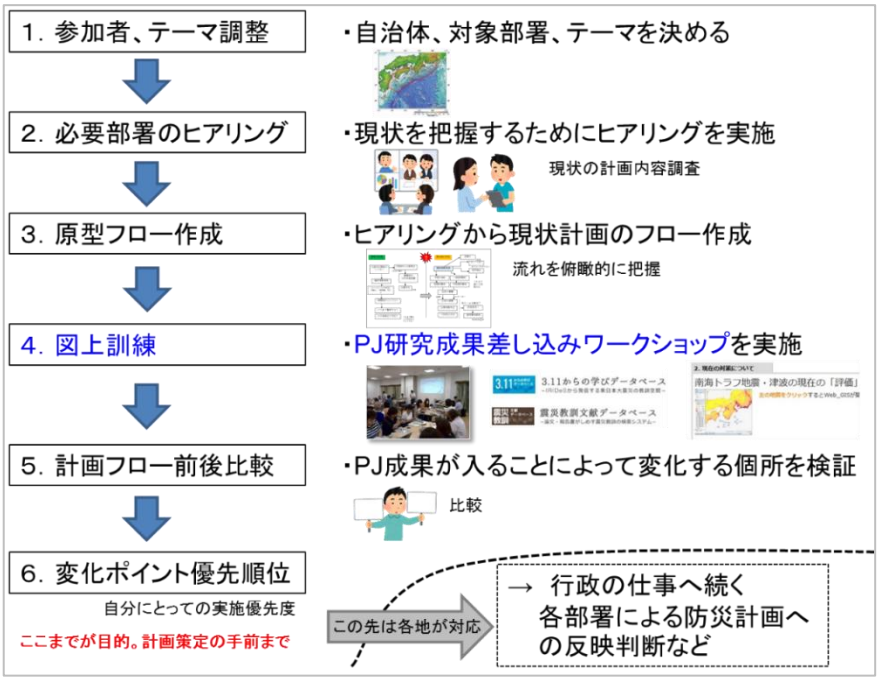


図３－５－①－43　検証作業の流れ

図３－５－①－44　東西分割での発生パターンによる紀伊半島の被災状況

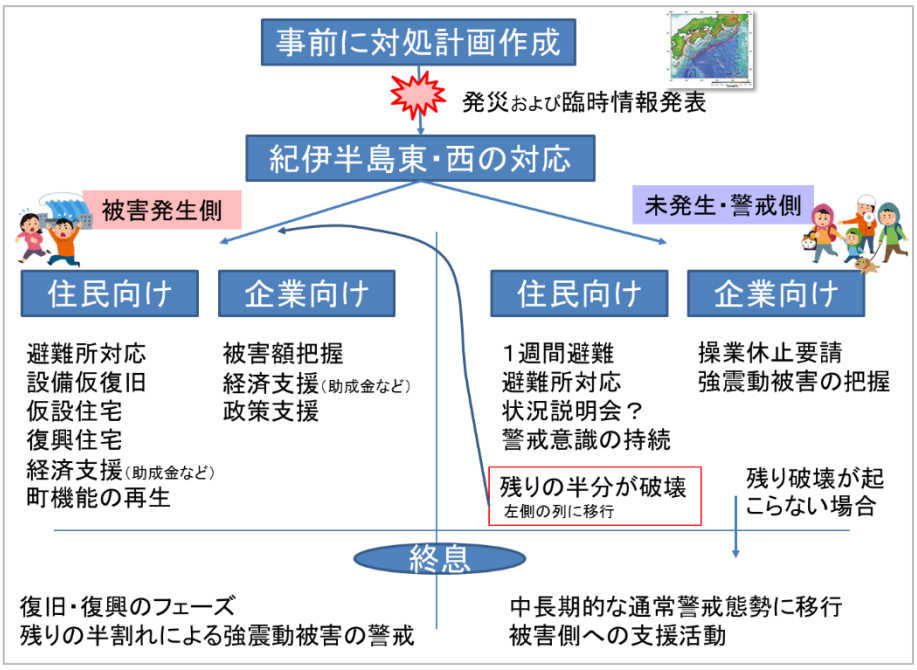


図３－５－①－45　行政視点での行動イメージ（例：半割れパターン）

b）紀伊半島を想定した場合の行動フロー作成の試み

紀伊半島の行政を対象として、「避難所」「災害対策本部」について行動フロー図イメージを作成した（図３－５－①－46、47）。下段の赤色文字で記述している個所が、当プロジェクト研究成果を活用できる可能性があるタイミングと考えた。どのタイミングで研究成果情報が差し込まれた場合に、改善される部分や、また新しく課題となる部分がどこなのかを検証し、防災計画の改善につなげられることを目指す。

今年度の作業は、これまでに知りえた行政計画の内容と、災害対策本部での活動を調査した結果から仮想的に作成しただけのものである。この行動フロー図に関しては、今後、実際の行政職員等にヒアリング調査を行い、完成度を高めていく予定である。

また近い将来、気象庁から「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」が発表されることを想定した行政計画が策定されていくと考えられる。各地域行政での検討過程や、住民や企業との調整等の社会状況も注視しながら、研究成果のコンテンツの利活用について検討していく予定である。

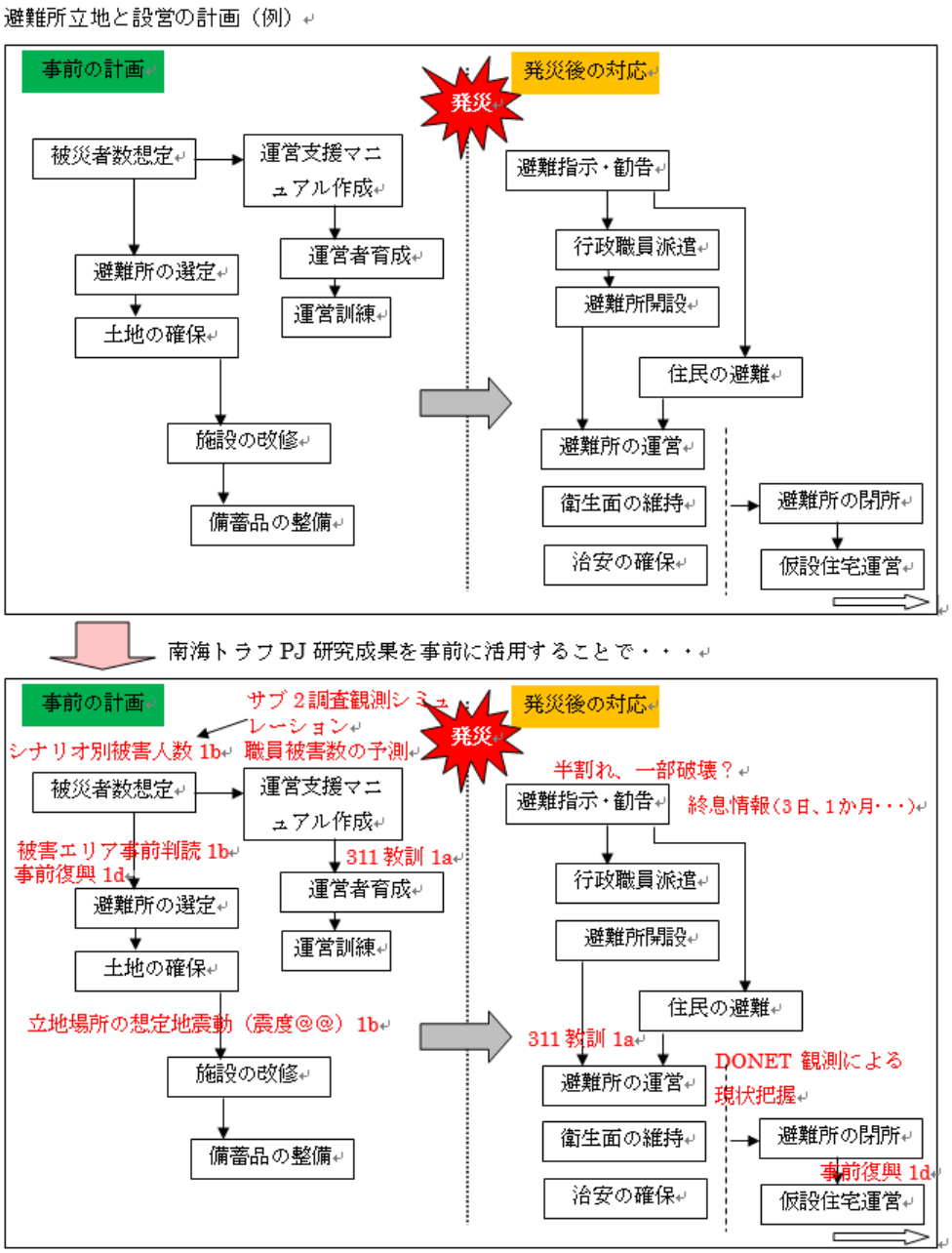


図３－５－①－46　避難所の計画イメージ（下段の赤文字が研究成果の利活用タイミング）

災害対策本部の設営・運営（例）

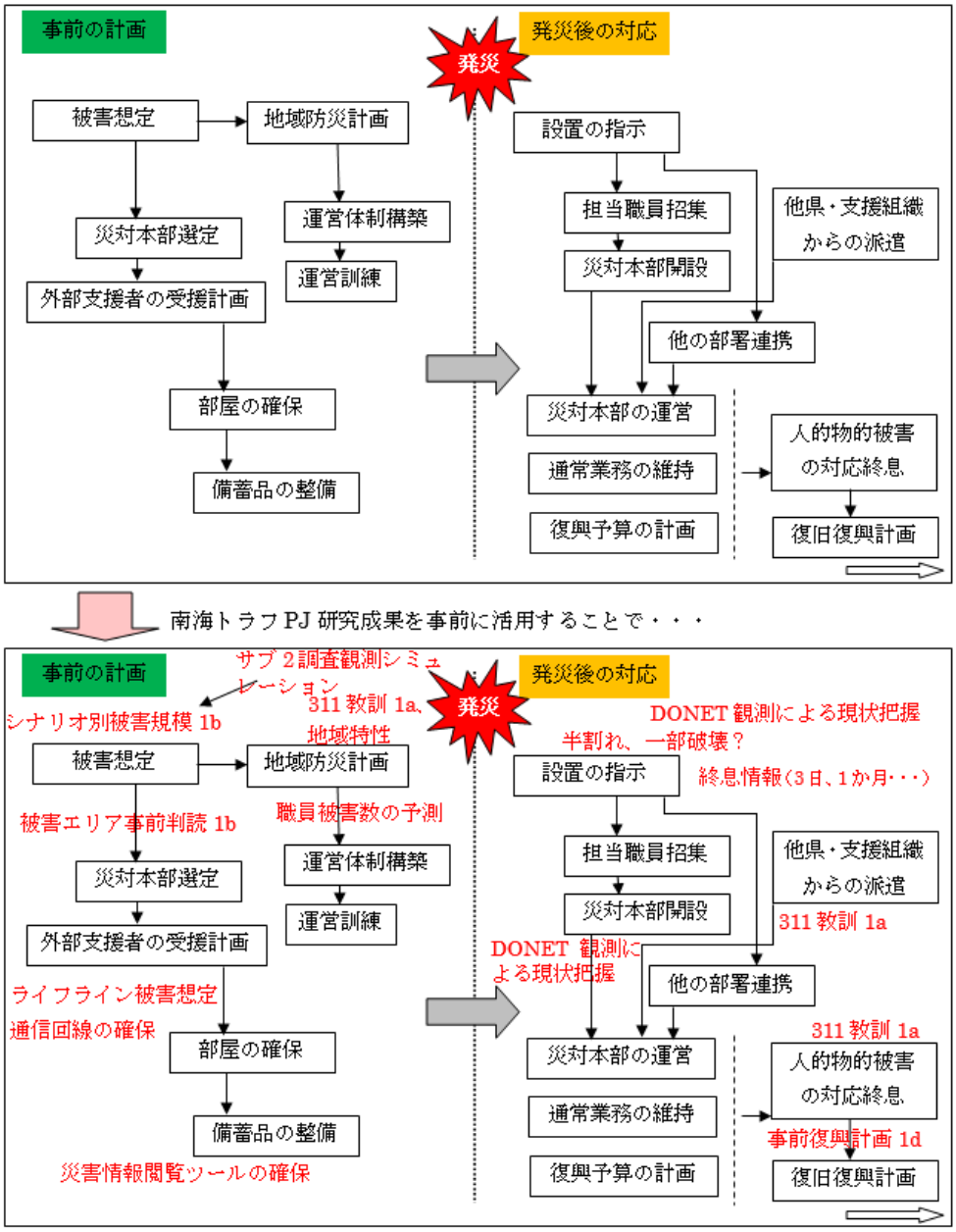


図３－５－①－47　災害対策本部の行動イメージ（下段の赤文字が研究成果の利活用タイミング）

(d) 結論ならびに今後の課題

巨大地震発生域調査観測研究、東日本大震災教訓活用研究、地震・津波被害予測研究、およびそのほかハザード・リスク情報との成果運用に関する連携技術・手法について検討と開発を継続した。地域研究会や防災教育等での活用を通じて、プラットフォームや各システムを高度化した。また広く防災活動等で利用されるために、災害情報プラットフォームを利活用した社会実験を関西地域にて実施し、大阪府北部の地震と台風 21 号被害において地震動と高潮の想定情報利活用に関して実際の被災者災害対応で検証した。

今後の課題としては、プロジェクト研究成果を災害情報プラットフォームに登録掲載する場合の WebGIS マップ上での見やすい表現方法を検討する必要がある。行政向けの利活用については「臨時情報」等の新しい公的情報も社会に発信され始めたため、その実際の対処についての調査が必要である。これまでのユーザ利活用実験から得られた意見やニーズ等を反映し災害情報プラットフォームの改良を行い、プロジェクト成果を複合的に活用した一気通貫利用検証のためのコンテンツページ構築準備が必要である。

(e) 引用文献

なし

②防災・災害関連データの収集・整備、及び利活用システム開発開始と人材育成・教育のための調査

(a) 業務の要約

南海トラフ巨大地震に関わる防災・災害関連データの収集・DB 化を継続して実施する。利活用システム整備を SIP とも連携して継続的に実施した。具体的には、歴史資料等の基礎データの収集・整理を行った。また、研究を通じて得られた科学的知見を減災対策等に有効活用するべく、一般住民にきめ細やかで分かりやすく、納得感が得られる情報として提供していくための情報システムを構築し、社会実装実験によりその効果を検証した。

(b) 業務の実施方法

ハザード評価やリスク評価、及びこれらに予測精度を向上させるための地域特性を考慮した基礎データ、歴史的資料をはじめとする減災関連情報の収集・整理として、愛知県に数多く残されている軍需工場と関連する地震の慰霊碑や記念碑を調べるとともに、空襲との関連についても議論した。また、南海トラフ地震に対する減災対策等に有効活用するためのシステムやアプリケーションの開発を行うとともに、それらを名古屋大学減災館に設置して社会実装実験を実施し、その効果を検証した。

(c) 業務の成果

1) 愛知県を中心とした昭和東南海地震の慰霊碑調査

a) 名南ふれあい病院（南区豊田５丁目）

写真３－５－②－１ は慰霊碑と副碑ならびに説明板である。副碑と説明板は 2012 年 11 月４日の除幕式の際に公開された。正碑には三菱重工道徳工場で犠牲となった犠牲者 57 名の名前が刻まれている。内訳は日本人 51 名と朝鮮半島出身者６名である。正碑の左横に碑文がハングルで書かれた副碑が建てられている（写真３－５－②－２）。

写真３－５－②－１
名南ふれあい病院にある慰霊碑

写真３－５－②－２
ハングルで書かれた副碑

b) 三菱重工第三菱風寮敷地（港区大江町）

東南海地震による三菱重工名古屋航空機製作所における被害を伝えるもう一つの慰霊碑がある。名鉄臨港線東名古屋港駅近くの三菱重工の社宅、第三菱風寮の敷地内に立つ「殉職碑」である（写真３－５－②－３）。

写真３－５－②－３　第三菱風寮敷地にある「殉職碑」

c）日泰寺奉安塔境内（千種区城山新町１丁目）

名南ふれあい病院にある地震の慰霊碑に記載されている朝鮮半島出身者の名前が刻まれた碑が、名古屋市千種区の日泰寺にある。場所は地下鉄東山線覚王山駅の北北東約500m にある仏舎利を祀る奉安塔のエリアである。日泰寺の詳細は武村(2015、2018)を参照されたい。武村は日泰寺創建の由来とそこにある 1923（大正 12）年の関東大震災に関する慰霊碑について調査した結果を記している。奉安塔の前を左に進むと、鞘堂の中に「冤死同胞慰霊碑」がある（写真３－５－②－４）。

写真３－５－②－４　日泰寺にある「冤死同胞慰霊碑」

d）半田市役所（東洋町２丁目）

多くの死者を出した山方工場は、現在の市役所や市立病院などが建つ阿久比川より南の敷地にあった。図３－５－②－１の JR 武豊線よりほぼ右側が埋め立て地である。地盤の悪さは阿久比川を渡った北の本工場跡とそれほど変わらなかったが、道徳工場と同じく古い紡績工場を飛行機組み立て工場に転用した山方工場では建物が完全に倒壊し大量の死者を出した。さらに地元の中小紡績工場だった葭野工場でも同じ理由で死者が出た。一方、本工場でも地盤沈下や液状化が発生し生産設備に被害は出たが、建物は倒壊せず死者は出なかった（半田市、1995)。以前、記念碑は市役所前のバス停の傍の植え込みにあったが、2015（平成 27）年に市役所の庁舎が建て替えられるのに伴って、現在は新庁舎西側に設けられたメモリアルロードと呼ばれる歴史を刻む通路脇に移設されている（写真３－５－②－５）。

図３－５－②－１　半田市内の慰霊碑・記念碑のある場所

写真３－５－②－５　市役所のメモリアルロードにある
「東南海地震被災の地記念碑」

e）雁宿公園（雁宿町）

複数の関連する慰霊碑がある雁宿公園は 1890（明治 23）年に帝国陸海軍の連合大演習が行われた際、明治天皇が大演習統監のために滞在されたことを記念して生まれた公園で、園内にはそれにまつわる記念碑などが残されている。公園は、図３－５－②－１に示すように JR 武豊線や名鉄河和線を挟んで、市役所と反対側に位置する小高い丘の上にある。この公園には、東南海地震による中島飛行機山方工場などで犠牲となった動員学徒などを祀る慰霊碑が合計３つある。

f）浄土宗光照院（東本町２丁目）

「追憶之碑」があった光照院は 1605 年（慶長 10 年）創建で半田市東本町２丁目にある古刹である（図３－５－②－１）。境内の東側に観音堂がある。2012 から 2013 年ころ若住職の柴山良景氏に伺った話によると、観音堂の東側は葭原であったという記録があり、このあたりまでその昔に埋め立てが行われたのかもしれない。観音堂のつっかえ棒は、昭和 19 年の東南海地震や昭和 34 年の伊勢湾台風による被害復旧のためと聞いたことがある。本堂については伊勢湾台風による被害でつっかえ棒をしたらしく、東南海地震では大きな被害を受けたという記録は過去帳にもない。「追憶之碑」と同時に奉納された「おほなゐ観音像」と碑が建っていたという本堂横の写真を写真３－５－②－６に示す。おほなゐ観音像は普段は本堂の奥にしまわれており特別にお願いして見せていただいた。

写真３－５－②－６　光照院の本堂と「おほなゐ観音像」

g）市営北谷墓地（柊町４丁目）

北谷墓地は半田市の北西部にある市営墓地である（図３－５－②－１）。半田市が生んだ児童文学作家の新美南吉の墓所があることで有名な墓地である。半田市（1995）によれば、地震による犠牲者の遺体の搬送は、当時、中島飛行機半田製作所に派遣されていた 400 人近い整備兵などの軍隊や清水組の下請けの朝鮮人労働者があたった。遺体は、火葬場がこわれたために、隣接する北谷墓地で野焼きにされた。現在、北谷墓地には輸送機工業株式会社による慰霊碑が立っている（写真３－５－②－７）。輸送機工業は戦後本工場の跡地にあった富士重工の子会社である。

写真３－５－②－７　北谷墓地にある輸送機工業による慰霊碑

h）曹洞宗龍拈寺（豊橋市新吉町）

1945（昭和 20）年６月の豊橋空襲で山門を除く全伽藍が炎上し、唯一残った山門が豊橋市の有形文化財に指定されている。その山門を入って左側に豊橋市立豊橋高等女学校（現、豊橋東高校）と愛知実修高等女学校（現、豊橋中央高校）の犠牲者を悼む観音像がある（写真３－５－②－８）。

写真３－５－②－８　龍拈寺にある東南海地震による中島飛行機での犠牲者を慰霊する「観音の塔」

i）豊橋東高校（豊橋市向山町西猿）

愛知県立豊橋東高校は、1948（昭和 23）年に豊橋市立豊橋高等女学校と愛知県立豊橋第二中学校を母体に生まれた新制高校で、その校庭に、1995（平成７）年に戦後 50 年の節目にあたって「平和祈念碑」が建立された［豊橋東高校ホームページ］。制作者は、田原市の愛知県立成章高校の美術科教諭で彫刻家の山口秀太郎である（写真３－５－②－９）。石碑の背面のプレートには 1944（昭和 19）年 12 月７日の東南海地震による中島飛行機半田製作所での犠牲者ならびに翌年８月７日の豊川海軍工廠への空爆で

亡くなった同校関係者 97 名の氏名が刻まれている。

写真３－５－②－９　龍拈寺にある豊川海軍工廠での豊橋高女の
犠牲者を弔う慰霊碑

j）豊川公園（豊川市諏訪１丁目）

豊川市の中心部、市役所と中央図書館の北側に広がる公園が豊川公園である。豊川市総合体育館、陸上競技場、野球場など、いくつかの施設で構成される運動公園である。総合体育館と野球場の間の市道はケヤキ並木になっている。このケヤキ並木は豊川海軍工廠の開庁記念に植樹されたものである。ケヤキ並木の突き当りにある日本車両製造株式会社の工場の門は、海軍工廠の正門を利用したもので、その横に豊川市による「豊川海軍工廠跡」の説明板がある（写真３－５－②－10）。これより北側の穂ノ原地区に広がる広大な土地が豊川海軍工廠の跡地で、戦後、陸上自衛隊豊川駐屯地、工場群、大学の研究施設などに利用されている。豊川海軍工廠平和公園もその一つである。

写真３－５－②－10　豊川海軍工廠の旧正門
（現在は日本車両製造株式会社の工場の門）

k）曹洞宗妙厳寺（豊川稲荷）（豊川市豊川町）

豊川市の中心部から東に外れた郊外に日本三大稲荷の一つとして知られる豊川稲荷のある妙厳寺がある。境内を、本堂から狐塚や奥之院のあるエリアに進むと、途中に「元豊川海軍工廠戦没者 供養塔」と書かれた道標がある。それにしたがって進むと、境内の外に出たところ（緑町）が広場となっており、そこに豊川海軍工廠戦没者供養塔（本碑）と副碑や標柱、地蔵尊などがある（写真３－５－②－11)。「平和の像」の副碑に記載された妙厳寺境内の大供養塔である。

写真３－５－②－11　豊川公園にある「平和の像」

2）ICT を活用した減災行動誘発システムの開発

a）耐震化行動を誘発するための震動体感システム開発

これまで名古屋大学では、市民の耐震化行動を誘発する事を目的とした、様々な体感装置を開発してきた。写真３－５－②－12 は、直交リニアガイドとサーボモーターを用いた、長周期・ロングストロークの振動台である。長辺（図中の左右）方向で往復３m の加振能力が有り、長周期地震動の再現に適している。この振動台の動きに同期する形で、図中奥と左右のプロジェクター映像（室内被害映像）が振動するようになっている。写真３－５－②－13 は、プロジェクターと 3D モデリングソフトを用いた、地震時室内状況のシミュレート環境である。壁面３面に大型プロジェクターで映像を投影しており、没入感のある地震時の体験が可能となっている。3D モデリングには汎用的な開発環境として Unity3D を採用し、室内モデルの編集・加工が容易である。さらに、簡易ではあるもののリアルタイムの物理演算が可能なため、強震動データ（この場合は建物の地震応答計算を行ったもの）を入力することで、室内の揺れだけでなく、家具の移動や衝突・転倒が再現できる。写真３－５－②－14、図３－５－②－２は、HMD（Head Mounted Display）を用いた、没入型の揺れ映像体感装置である。近年の HMD および VR（Virtual Reality）技術の進歩はめざましく、個人向けに市販されている安価な機材を用いて、極めて没入感の高い 3D 映像が再現できる。HMD のヘッドトラッキング機能（利用者の頭部の向きを検出し、映像の向きを変更する機能）を活用して、利用者がまさに地震時の室内に居るような体験を提供するものである。このシステムは映像＋音

声のみでの体感であるが、利用者に地震時の室内危険性を気づかせる効果は高いと考えられ、その証左として複数の施設（岡崎市防災展示コーナー、名古屋市港防災センター、豊川市防災センター（建設中））に導入もしくは導入予定されている。これらの詳細は倉田（2016、2017）を参照されたい。

写真３－５－②－12　長周期ロングストローク振動台＋背景画像の同期システム

写真３－５－②－13　地震時室内3Dモデル投影システム

写真３－５－②－14　HMDを用いた没入型体感システム

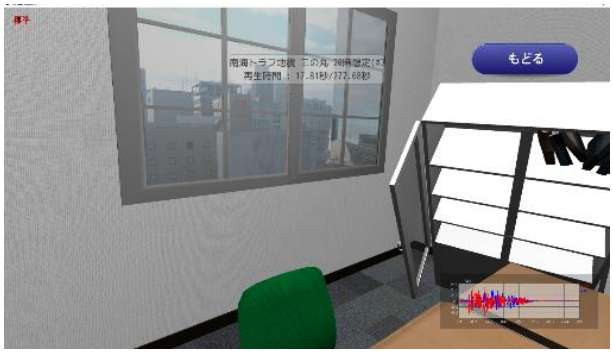


図３－５－②－２　没入型システムに表示される映像例

b）社会実装を前提とした普及型システムの開発

今年度はこれらシステムのさらなる高度化を行った。研究目的は市民の耐震化行動誘発であるため、単純な演算の高精度化や、システムスペックの向上が目的ではない。これまでの社会実装実験から、これらのシステムが市民の耐震化行動意図を誘発しうることは確認できているものの、社会実装上の主な課題は「利用機会の少なさ」「普及の困難さ」にあると考えられた。そこで、今年度は「より安価かつ簡易に多人数が利用できるシステム」を「既存の教材へ追加実装」することを目的に開発を行った。

新たに開発したシステムを写真３－５－②－15 に示す。利用者は図中央の簡易型 HMD（図中には同型が３台）を装着する。これは Android OS を内蔵しておりスタンドアロン動作が可能で、電源や信号などの配線を必要としないため、極めて手軽に利用できる。また、VR を用いた映画やゲーム等のコンテンツ普及に伴い、同様のデバイスが数万円から入手できるようになったことも、本研究の開始時点に比して社会実装を後押しする要因である。これらは図左の無線 LAN ルーターを介して図右のノート PC に接続されており、ノート PC からコントロールされる。このシステムにより、任意の地震応答波形・任意の室内モデルによる、複数人同時の震動体感が可能となっている。

写真３－５－②－15　普及型の震動体感環境システム

c）既存の震動体感環境への追加実装による社会実装

現在、基礎自治体で最も普及している震動体感環境は、地震体験車（いわゆる起震車）である。愛知県においては、愛知県庁が保有する「なまず号」を各市町村に貸し出すことで、活発な市民利用がなされている。しかしながら、地震体験車の担当者（県職員）および体験者（市民）へのヒアリングからは、地震災害に対する危機感を得るためのものではなく、「遊具としての体感装置」として市民には認知されていることが明らかになった。そこで、既存の地震体験車を活用しつつ、その耐震化行動誘発効果、すなわち体感のリアリティを向上させる案として、本研究で開発した普及型システムを追加実装した（写真３－５－②－16）。予め、地震計を用いて地震体験車のメニューに対応した振動台の応答を収録しシステムに組み込むことで、「体で感じる揺れ」と HMD を通じて得られる「視覚の揺れ」を同期させることができた。このシステムは 2018 年 11 月 3 日の愛知県庁公開日ならびに、11 月 11 日の愛知防災の日のイベントで市民に公開され、2 日間で 500 名以上の市民が体験した。本システムの本質的な評価は、長期的な追跡調査によって市民の耐震化行動を観測する必要があるが、協働した愛知県職員からは、これまでとは体験後の市民の表情が全く異なるというコメントを得ている。

写真３－５－②－16　既存の震動体感環境（愛知県なまず号）への追加実装例

(d) 結論ならびに今後の課題

愛知県に数多く残されている軍需工場と関連する地震の慰霊碑や記念碑の調査・収集するとともに、これら通して、昭和東南海地震による愛知県内の死者数の 71%を占める半田市と名古屋市において、その大きな原因となった軍需工場での被害の実例を概観した。わが国において、これらの被害は、耐震性の欠如を放置していた場合に起

こるべき悲劇の一つとしてとらえるべきであり、確かに地震は揺れや津波を発生させて恐ろしいが、人為もまたそれに勝るとも劣らない結果を生み出す可能性があるということを我々は肝に命じるべきである。また、本プロジェクトの他課題の成果として得られた強震動予測結果や建物の強震観測記録を活用し、最新のバーチャル映像技術を組み合わせた没入感のある地震応答体感環境をパッケージ化し、多様な環境における社会実装を試みた。

(e) 引用文献

1) 武村雅之、2015、遠隔地に建立された関東大震災の慰霊碑－名古屋市の日泰寺・照遠寺と長野市の善光寺における調査、地質工学、第 13 輯、1-15.
2) 武村雅之、2018、減災と復興－明治村が語る関東大震災、風媒社、213pp.
3) 半田市、1995、半田の戦争記録、半田市誌別巻、400pp.
4) 倉田和己，福和伸夫、2016、仮想現実ソフトウェアと震動体感環境の融合による効果的な減災啓発ツールの開発、災害情報、14 巻、pp.83-96
5) 倉田和己，福井優太，平井敬，福和伸夫、2017、強震動データの有効活用へ向けた可視化統合プラットフォームの構築、日本地震工学シンポジウム、7p

③地震活動度および統計情報の可視化

海洋研究開発機構では、南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトの地域連携減災研究のうち、防災・災害情報発信研究の一環として、海域に設置された地震・津波観測監視システム（DONET）の地震や津波の早期検知の情報を即時的に発信、また地殻活動や応力状態把握のための地震の統計情報や地殻変動の情報と併せて総合的に解析するためのシステムを検討してきた。この研究の一部として横浜研究所のサーバに導入済みの自動震源監視ソフトによる震源決定の精度向上と震源監視能力の向上、決定された震源情報から地震発生の空間分布や時間変化、統計情報等について地図上やグラフ上にプロットし、視覚化するシステムの構築を行ってきた。これまでに構築したのは、あらかじめ用意した時間や範囲における震源情報についてのプロットを自動で作成するものであり、プロットする範囲などを変更することは出来なかった。この可視化システムについて、インタラクティブなインターフェースにより震源分布プロットの地図の拡大や縮小、グラフにプロットする情報を選択可能とすることで多種多様のニーズに対応可能となり、地震情報から抽出できる情報は飛躍的に向上する。本年度は、これらの情報を南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトにおいて一般利用を目指して構築を進めているプラットフォーム上で即時的かつインタラクティブに展開するためのシステムの検討、設計と試作システムの開発を行った。すなわち、DONET および陸上観測によって得られた震源情報を基に、地震の分布、地震活動度、地震活動の時空間変化等について、インタラクティブに表示するシステム構築のための検討、設計と試作を行った。本格的なシステムの構築は来年度行う予定である。これにより、南海トラフにおける地震観測によって得られた地震情報の即時把握、地震活動度の時間変化と空間分布、地震の統計的性質の変化と地殻活動について即時把握と詳細な分析が可能となり、南海トラフにおける

震源監視能力が向上することになる。

(a) 業務の要約

これまで DONET および陸上観測データによる震源決定の自動化および高精度化を進め、さらに震源情報から地震発生の時空間変化および統計情報の可視化を定期的に自動で行うシステムを構築した。このシステムにおいて、アーカイブデータに基づく高精度な震源情報は毎日定時に作成され、リアルタイムデータに基づく震源情報は地震検知後、即時更新される。オペレーターによる手動検測に基づく震源情報は随時更新される。これらによる震源情報をインタラクティブに表示し、情報を容易に確認、モニタするためのシステムを検討し、ベースとなる web サイトの設計と試作を行った。これらの情報をプラットフォーム上で展開することは、地震活動を監視し、今後の長期予測につながることになり、情報発信の在り方の検討が必要であるが、重要な情報を発信する体制を構築することになる。

(b)業務の実施方法

1 全体の構成

本システムではアーカイブデータおよびリアルタイムデータによる自動震源およびオペレーターによる高精度震源情報を web 上で可視化する。このシステムにおいて、表示される地震情報の分かりやすさと、震源カタログ等から得られる地震の統計的性質などの様々な情報を表示できる汎用性を両立するための検討を行った。昨年度構築した、自動で定型の震源情報を可視化するシステムに対し、1. 分かりやすい表示、2. 表示方法は、地震の分布を常時表示することで地震活動監視を行いつつ、インタラクティブなインターフェースで必要な情報を取り出すことが出来る、3. 新しいプロットが必要となったときに、追加しやすいものとする、と言った要件を満たし、かつ最小限の構成とすることで分かりやすいものとするシステムを目指して設計を行った。

その結果、次のような構成とした。主な構成は、震源情報の地図上プロットによる可視化と、震源カタログ等から得られる様々な情報からグラフを作成し、適切な形で可視化するシステムの二段構成とする。本 web サイトを訪問し、最初に表示されるのはリアルタイム震源決定による地震の分布である。リアルタイム震源決定による最新の地震の分布は一般に最も興味のあるものであり、これをデフォルト表示にすることで、昨年度構築したリアルタイム震源決定による震源情報表示と同等の機能を持つことになる。さらに、アーカイブデータによるより高精度な震源決定による震源情報、またオペレーターによって検測とチェックが行われた震源カタログについては、表示させる情報ソースを選択可能とすることで、同様に地図上へのプロットを可能とする。

次に、地震の震源カタログから得られる地震活動度や統計的性質などの情報については、別途プロットするシステムを用意する。これはタブなどによって地図上のプロットと表示を切り替える。プロットする図としては、昨年度構築したシステムでプロットを作成した、震源分布の深さ断面、震源分布の時間変化、地震の累積頻度による活動度、地震のサイズ分布などが想定される。また、昨年度導入した地震の統計情報から推定さ

れる地震発生率、z 値、b 値、平均地震規模等と、その変化を評価する AIC の時間変化等も重ねてプロットできると、様々な指標から総合的に地震活動を評価できるようになり、汎用性の高いシステムを構築することが出来る。また、DONET 水圧計などから得られる地殻変動に関連する情報を重ねることで、地殻活動について総合的な検討が可能となる。

図３－５－③－１に検討過程における画面構成案を記す。２章及び３章では実際に試作を行った web システムについて紹介するが、これらは当初案作成後、さらなる検討を加えることで、さらにシンプルな構成かつ汎用性のあるサイト構成となっている。

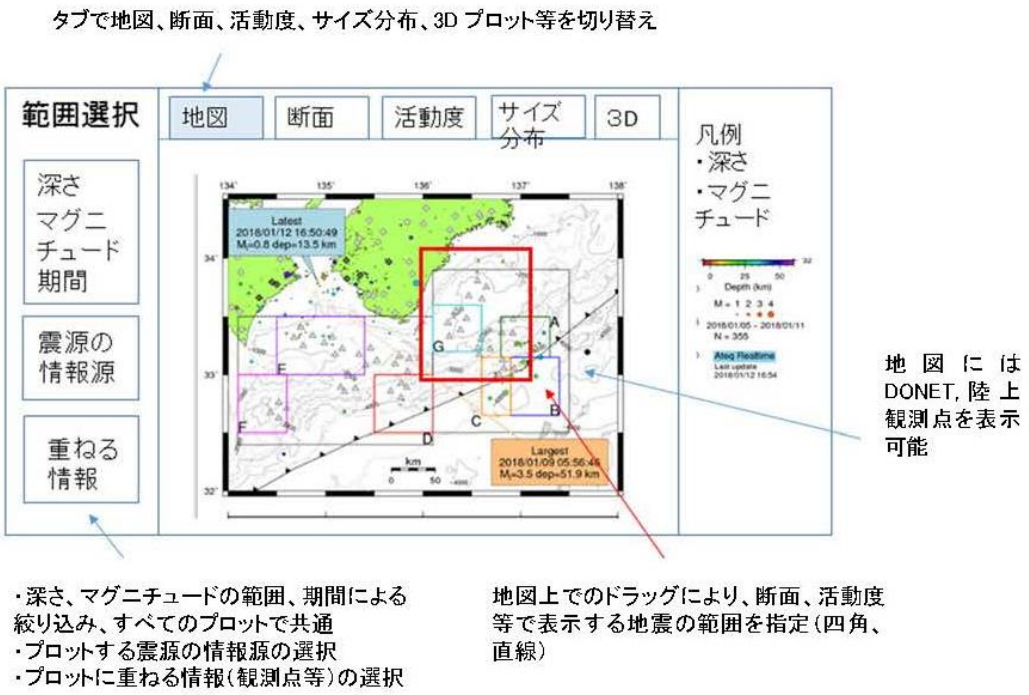


図３－５－③－１　初期の画面構成案

2 地震の分布の可視化

震源の分布を表示するために最も分かりやすく一般的なのは、地図上に特定の期間（例えば過去一週間）の震源情報を表示する事である。震源の深さは記号の色分けによって表示され、記号の大きさによってマグニチュードの大小を表すのが一般的である。地震の多くはプレート境界やプレート内の活断層に沿って起きるので、震源の分布は地表や海底の地形と比較しやすいものが良い。一方、地殻内の断層は多くの場合傾いているため、断層に沿って地震が分布していても平面上では広がりを持って分布する。このような場合、3D 表示によって視点を回転させ、断層面に直交する方向から見ることで、地震が直線状に分布する。従って震源分布は平面および 3D の両方の表示が出来た方が良い。3D 表示では視線方向を任意に調節できる必要がある。

2.1 地図上への震源分布の表示

地図上の震源情報表示において、初期状態、すなわちサイトにアクセスした直後では

現在時刻から一週間程度以内のリアルタイム自動震源決定による震源データを表示する。地図の表示範囲はマウスの操作によって移動、拡大、縮小が可能とする。また、表示する地震の期間、マグニチュード、空間の範囲等の指定は別途表示される選択画面によって必要な範囲を指定可能とする。表示する震源情報のソース（リアルタイム震源、アーカイブデータによる震源、オペレーターによる検測後の震源）についても任意に選択可能とすることで、必要に応じた情報を表示が可能となる。

震源情報を重ねる地図として、海底地形が含まれるものを用いるのが必須である。これは、南海トラフにおける地震観測において、トラフ軸や海底活断層、海底地形との対比は必須であり、主要な地震が起きた時の地震のテクトニックな背景を考察する上でも重要であるためである。しかし、地上の地形図は無償で利用可能なサイトが多くあるが、海底地形を表示可能なものは少ない。詳しく検討した結果、国土地理院で公開している地理院地図のうち、「色別標高図」において海底地形が表示されていることが分かった。この地図を引用し、対応する緯度経度に地震の震源をプロットすることで、本機能を実装可能であることが分かった。今後、さらに詳しい海底地形図や赤色立体図などに震源分布を重ねる事を検討している。これについては、海底地形を表す画像と緯度経度の対応が明確であれば技術的には可能であると考えらえるので、今後実装について詳しく検討していく予定である。

地図上には震源の他に、必要に応じて様々な情報が表示できるようにする。例えば、DONET や陸上の地震観測点、DONET ケーブルルート、ノードなどを記号や線で表示可能とする。さらに、南海トラフにおける地震に関連した様々な情報、すなわち海底下の断層や構造探査測線等を表示可能とする。これらは基本的な図形で表現可能なため、緯度、経度の座標を指定して直線や多角形、記号などを表示可能とすることで、震源分布に重ねて表示可能とする。表示する項目の情報を表示するために、テキストの表示も可能とする。

上記の様々な情報については、座標や記号に関するデータをファイルで用意し、サーバに保存、必要なものをチェックボックスなどで選んで表示、非表示を選択可能とする。

震源情報については、３章で実現するグラフ作成による可視化において、使用するデータの空間範囲を指定する必要がある。地図上でのドラッグにより矩形で範囲を指定し、その範囲に含まれる震源情報を用いてプロットの作成を行うシステムとする。震源情報の期間やマグニチュードの範囲については、最初に述べた、地図上プロットへの表示期間、範囲の指定によって選択可能とする。

図３－５－③－２に開発途中の地図上プロットの例を示す。この図では●で震源を、▲で DONET 観測点を、▼で震源決定に使われている陸上観測点（Hi-net, 気象庁）を、■で DONET ノードを示し、DONET のケーブルルートが線で記されている。マウス操作により表示範囲の移動、拡大、縮小が可能であり、また、グラフ作成における範囲選択のためのボタンが配置されている。左側のタブを開くことで、表示する地震の期間とマグニチュードの下限が選択可能となっている。

図３－５－③－２ 地図上の震源プロットのサイト（試作版）。左側のタブを開くことで、表示する震源情報の範囲を選択可能としている。

2.2 震源の 3D プロット

地震の多くは断層に沿って分布する。プレート境界や地殻内部の断層は一般に傾いた面であるため、平面上に震源をプロットした場合は二次元的に広がりを持つことになる。3D プロットによって視点を自由に変えることが出来れば、地震活動と断層分布との関係が明瞭になり、テクトニックな背景を知るために重要な情報が得られる。図３－５－②－３に同じ震源データの異なる視点で作成した複数の 3D プロットを示す。同じ震源分布でも、視点によって震源がばらついたり、線状に分布したりすることが分かる。震源が線状に分布するという事は、視線に平行な断層面上で地震が起きていることを示唆している。

このように、震源分布を 3D で表示する機能も重要である。図３－５－③－３は一般の汎用プロットツール（gnuplot）によって表示した例であるが、このような機能を web サイト上で実現することで、震源情報の可視化による震源監視能力がさらに向上すると期待される。3D プロットに海底地形やプレート境界面、活断層の面を入れると震源との関係がさらに分かりやすくなる。一方で図が煩雑になり、また分かりやすくするためには断層面を表す図形を透過させるなどの高度な機能が要求される。どこまで情報を表示させるかについては、さらに検討が必要である。

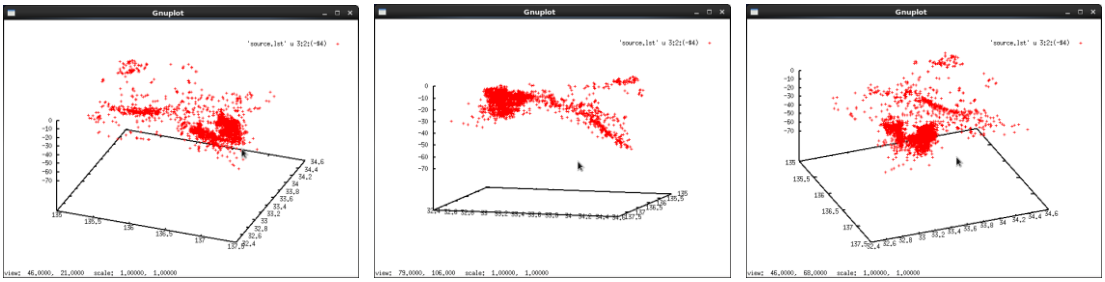


図３－５－③－３　震源の 3D プロットの例。同じ震源分布のデータを視点を変えて表示した例

3 震源情報等によるプロット作成システム

震源カタログから地震の様々な特徴を抽出し、可視化するために様々なプロットを作成する必要がある。昨年度の開発では、地図上の震源分布の他に、震源の深さ断面、地震のクラスターごとの地震活動度（累積頻度）とサイズ分布を作成した（図３－５－③－４）。

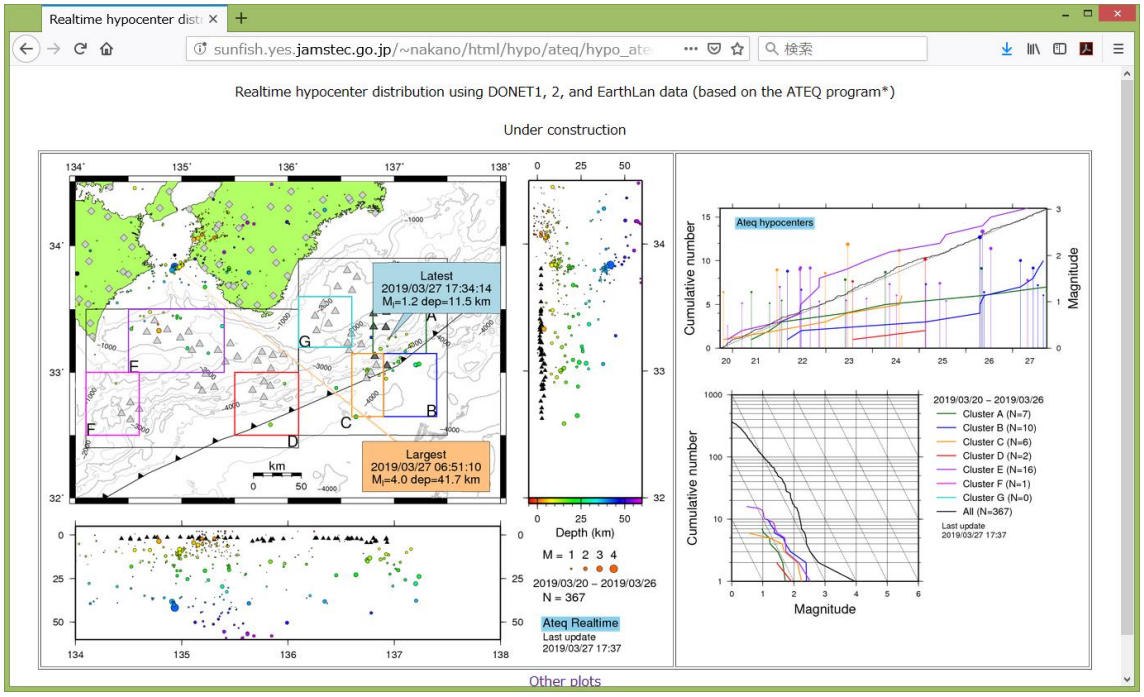


図３－５－③－４　震源情報可視化において最低限必要な、震源の地図上での分布、深さ断面、地震活動度（累積頻度）、サイズ分布のプロット

インタラクティブな web サイトにおいても、作成するプロットとして震源分布の深さ断面、震源分布の時空間変化、地震の累積頻度による活動度、地震のサイズ分布などが想定される。一方、場合によってはここで挙げたものの他に、新たな種類のプロットが必要となるかもしれない。また、得られたプロットに異なる種類の情報を重ねることで、地殻活動に関連した様々な物理量の関連が明らかになるかもしれない。これらすべてを実現するために、すべての情報の組み合わせのプロットを作成するのは現実的でない。

一つ新しい情報を加えると、既存の全ての情報に対するプロットを大量に作成せねばならず、その作業は膨大となる。

ここでは、プロットにおける縦軸と横軸に割り当てる情報を提供される情報から任意に指定し、プロットに用いる記号や線を指定、縦軸、横軸をデータそのものだけでなく累積頻度も選択可能とし、軸の表示を線形及び対数から選択可能とし、汎用グラフ作成ツールと同様の機能を実装することで、様々な表示を可能とする方法が良い、という検討結果となった。ただし設定項目が多数あるので、上記で挙げたようなよく使われるプロットについてはデフォルト値を設定したテンプレートを用意しておくのが良い。

3.1 プロット作成システムと汎用性を高めるための検討

以下に、各種プロットと表示する項目、汎用性を高めるためにどのような機能を持たせるかについて検討したリストを示す。

［地図上プロット］

- 地図上に表示する項目
  - 震源情報
    - 自動震源、手動震源、その他の震源情報（低周波地震の震源など）
  - 観測に関する情報
    - DONET、地上観測点等、DONET ノード、DONET ケーブルルート
  - その他
    - 断層を表す線、構造探査測線、テキスト、領域を表す多角形、楕円、矢印など
- 汎用性を高めるための工夫
  - 上記について、表示、非表示の選択（チェックボックスなど）と、表示する記号や線の種類の選択（○、△、□等、色、記号のサイズ、線の太さ）
  - 震源は記号のサイズを固定、およびマグニチュードに比例の選択可能に

［2D グラフ］

- プロットする項目の例
  - 震源分布の深さ断面
  - 地震活動の時空間変化
  - 地震活動度（累積頻度）
  - 地震活動度（マグニチュード）
  - 地震のサイズ分布
  - その他時系列データ（地殻変動データ等）
- 汎用性を高めるための工夫
  - 入力とするデータの選択
    - 震源情報
      - 自動震源、手動震源、低周波地震の震源等の震源情報
    - その他の時系列など

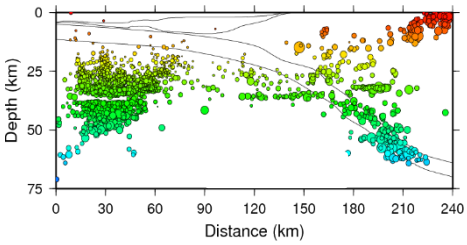
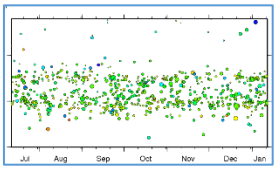
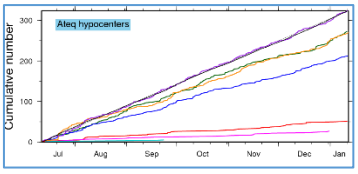
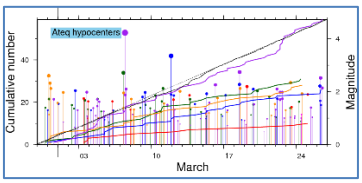
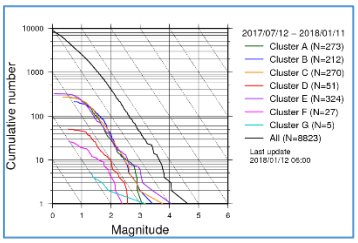
        - 水圧記録、GPS 地殻変動等のデータ
- 縦軸、横軸に割り当てる属性の指定
    - データの持っている属性を取得して選択肢を表示
    - 属性の例
        - 時刻、緯度、経度、深さ、マグニチュード、等
    - 属性は入力データのカラムに対応（カラムに属性を指定しておく）
    - 作成するグラフの縦軸、横軸に属性をラベルで表示
- プロットに用いる記号、線の指定
    - 表示する記号や線の種類の選択（○、△、□等、色、記号のサイズ、線の太さ）
    - 記号の大きさ
        - 固定（大きさ指定）
        - 属性を指定して、大きさを変化（マグニチュードに比例してサイズを変化させる等）
- 縦軸の表示方法
    - データの値そのまま
    - 累積頻度
        - 左端からの累積（地震の累積頻度等で使用）
        - 右端からの累積（地震のサイズ分布等で使用）
- 縦軸、横軸のスケール
    - 線形
    - 対数（log10）
- グラフに直線をフィット、傾きを表示

また、データの種類によって様々な属性が考えられる。以下はその一例である。
［データの持つ属性］

- 震源データ
    - 時刻、緯度、経度、深さ、マグニチュード、誤差（緯度、経度、深さ）
- その他時系列データ（水圧、GPS 地殻変動など）
    - 時刻、物理量（水圧、変位）など
    - 物理量は１次元～多次元（GPS なら東西変位、南北変位、高さ）

表３－５－③－１に、標準的なプロットと、縦軸、横軸、記号の指定の例を示し、これらはテンプレートとして用意しておくのが良い。

表３－５－③－１　標準的なプロットと縦軸、横軸、記号の指定の例

プロットの種類	横軸	縦軸	記号
震源分布の深さ断面  	緯度 経度 ある測線に沿った距離	深さ	丸（●）、大きさはマグニチュードに比例
地震活動の時間変化 	時刻	緯度 経度 ある測線に沿った距離	丸（●）、大きさはマグニチュードに比例
地震活動度（累積頻度）  	時刻	プロット開始時刻（グラフの左側）からの累積個数	線 傾き（＝平均活動度）計算
地震活動度（マグニチュード）  	時刻	マグニチュード	棒、上端に丸、丸の大きさはマグニチュードに比例
地震のサイズ分布  	マグニチュード	最大マグニチュード（グラフの右側）からの累積頻度 （対数）	線 傾き（b 値）計算
その他時系列データ	時刻	物理量	点、線

3.2 プロット作成システムの構築

震源情報を基にインタラクティブにプロットを作成する試作システムを構築した。ここでは図３－５－③－２で示した地図上プロットにおいて、矩形範囲を選択することで、その範囲内で起きた地震について、地震の深さ分布、地震活動度の空間変化、地震活動度（マグニチュード）、地震の活動度（累積頻度）を作成し、左側に表示する（図３－５－③－５）。表示するプロットの種類については、管理画面（図３－５－③－６）で設定

可能で、新規にプロットを追加、削除が可能である。それぞれのプロットについては、詳細に項目やプロットの種類の設定が可能である（図３－５－③－７）。現在のシステムではグラフの種別［散布図、折れ線グラフ］、描画の色、縦軸と横軸は［地震発生時刻、緯度、経度、深さ、マグニチュード、累積頻度］から選択可能である。これらを組み合わせることで、様々なプロットを作成可能である。さらに設定項目と選択肢を増やすことで、地震のサイズ分布など、多様なプロットが可能となる。現在のシステムではプロットの設定は管理画面において行うが、ユーザが設定画面を用いて自由にプロットを作成できるようすれば、地震活動データを用いて必要な図を作成し、様々な検討が可能となる。

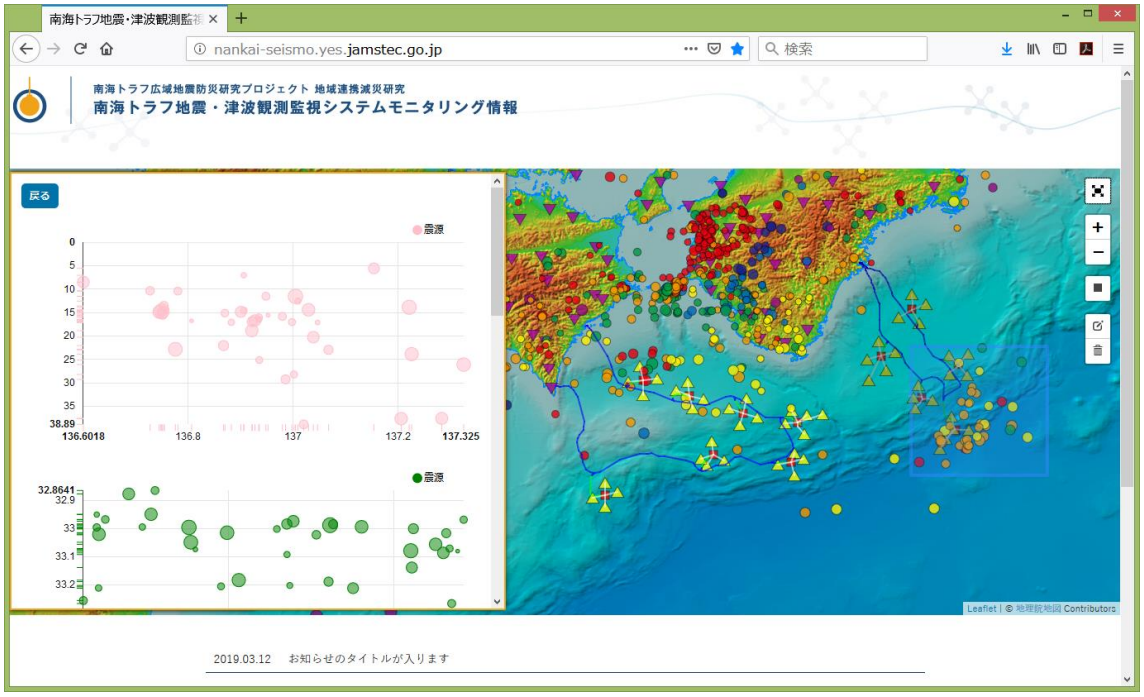


図３－５－③－５ 震源情報によるプロット作成の例。地図上で矩形範囲をドラッグすると、その範囲の震源情報を用いて左側に各種プロットが作成される。

図３－５－③－６　作成するプロットの管理画面。

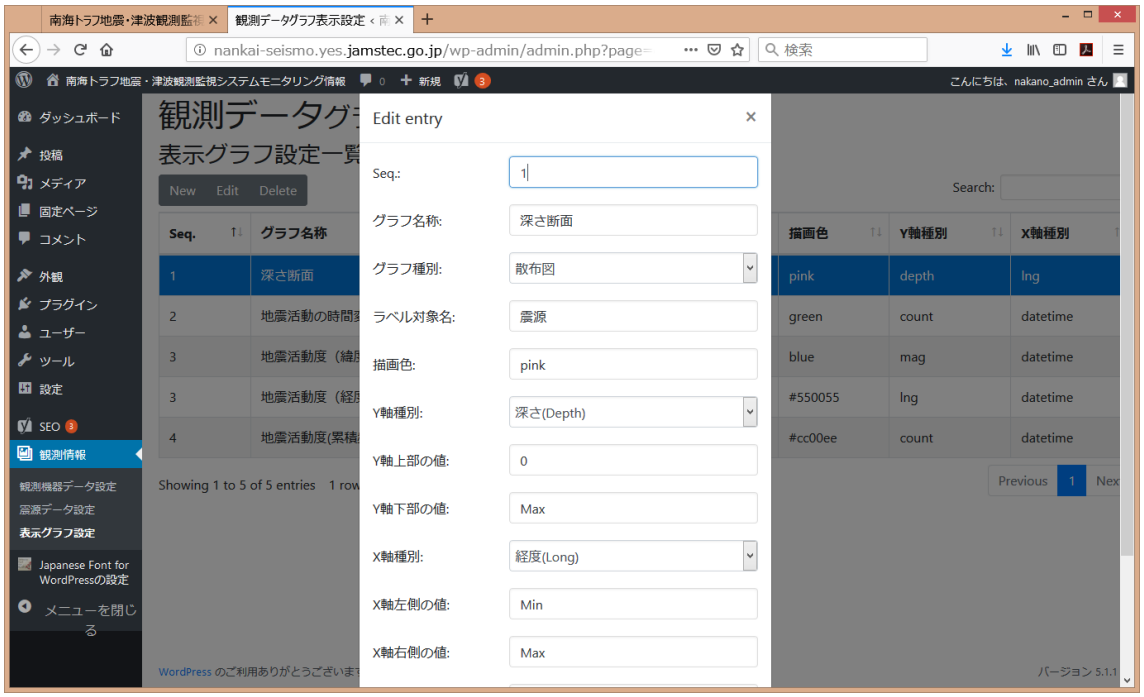


図３－５－③－７　プロット作成のための情報入力画面

4 震源情報の定期的更新

上記プロットでは、リアルタイム震源決定による震源のプロットも含まれる。この場合、地図上の震源プロットでは新しく地震が検知されるたびにプロットに反映される方が良い。これによって、web サイトをディジタルサイネージなどで表示し、リアルタイ

ムで地震の発生状況をモニタすることが可能となる。

そのためには、これまでに開発したリアルタイム震源決定システムによる震源情報を常時 web サイトにアップロードし、web サーバはこれを常時モニタし、新しい情報があれば自動でプロットを更新することで実現される。この機能は昨年度開発したリアルタイム震源プロット作成システムに、震源情報を web サーバにアップロードする機能を追加することで実現できる。すなわち、Linux の標準機能である cron によって定期的に震源情報を監視し、新しい地震の情報があれば震源リストとプロットを更新する。ここに web サーバにアップロードする機能を加える。web サーバでは同様に cron によって震源情報を定期的に監視し、震源リストとプロットを更新する。この方式ではリアルタイム震源決定からプロットの更新まで若干の遅延が生じることになるが、異なるサーバで実装するための限界であると考えられる。

(c) 業務の成果

地震活動度および統計情報をインタラクティブに可視化するための検討を行い、そのベースとなるシステムの構築を行った。特に地震の統計情報については必要とされる情報が多岐にわたるため、要求を満たすための汎用的なシステムを作成するための検討を行った。その結果、震源情報から多岐にわたる情報を引き出すためには作成するプロットの種類を制限せず、グラフの縦軸と横軸に割り当てる量や表現方法などを自由に設定できるシステムが良いという結論に達した。ただし自由度が高すぎても使いにくくなるので、頻繁に使われる種類のプロットについてはあらかじめテンプレートを用意することで、使いやすさと汎用性の両方を実現可能であるとの結論に至った。ここで検討した震源情報表示システムを web で構築し、一般利用を目指して構築を進めているプラットフォーム上で展開することで、震源情報と関連する観測データから様々な情報を抽出可能となる。

(d) 結論ならびに今後の課題

地震の震源情報および関連情報から地殻活動に関する情報を引き出すためには多様な視点に基づく様々なデータを比較することが重要である。そのためにはインタラクティブなシステムによって様々な情報を自由な形で比較できるシステムが必要である。本年度は地震活動データについて様々なプロットが作成できる試作システムの構築を行った。今後プロットについての自由度をさらに強化し、また地震活動以外のデータ、すなわち地殻変動に関する様々なデータを同じプラットフォームで表示、地震活動データと比較可能にすることで、多様な観測データから抽出できる情報がさらに増えると期待される。そのためのシステムの設計と構築が必要である。

(e) 引用文献

なし

④住民の防災知識構造と社会構造に関する質的調査

(a) 業務の要約

平成 30 年度においては、昨年度までの成果を踏まえて、1)理論的な行動意図モデルに基づく避難意図構造とその規定変数群の抽出を継続するとともに、2)復興研究との接続を図るため地域産業の事業継続に関して予備的な分析を開始した。

このうち、1)避難意図構造モデルの詳細分析では、過年度までの成果（宇田川真之ら,2019）で主要な寄与要因であった規範意識について、過年度とは異なる地域特性の地域を選定し調査を行った結果でも、本調査で確立した避難意図構造の安定性を確認することができた[1)]。また 2)地域産業の事業計画に関しては、まずは全国規模の企業に対して聞取り調査を行い、その結果を踏まえて津波が予想される地域に立地している製造業を対象に量的調査を実施した。量的調査では、静岡県の一部の沿岸部の事業所を対象に、「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」の認知度や対策の実施状況などを調査したところ、臨時情報について聞いたことがある事業所は９割に及んでいた。そして１割程度の事業所が、発表時の何らかの対応計画を策定ずみであり、約６割の事業所が今後に検討する意向であった。発表時に行う可能性の高い対策としては、情報の収集・伝達体制の確認・強化を挙げる事業所は８割を超え、業務の中断まで挙げる事業所も約半数を占める。こうした事業所の対応を検討する際の判断材料としては、避難勧告等の発令状況を挙げる事業所が最も多かった。また、従業員の出社や生活に関わる状況を挙げる事業所の方が、商取引先の状況をあげる事業所よりもやや多い傾向が見られた。そして、こうした判断は本社ではなく現地で行う事業所が大半であった。

(b) 業務の実施方法

避難意図構造の理論モデルの詳細分析では、過年度までに得られた結果の汎用性の確認をすることとした。そして、避難行動意図に有意な影響をもたらしていた規範意識の詳細構造の探索などを目的に住民調査を実施した。過年度の調査では、比較的定住比率が高い地域を対象地区としていたことから、今年度は、規範意識に影響を与えると想定される居住歴の長さの異なる住民が混在する地域を高知市内において選定した。調査票には過年度までに確立した心理モデルを測定する質問項目を配置し、タウンメールで配布し郵送回収を行った。

早期の復興に向けて地域産業の早期再開に資する事業継続計画の促進に関する分析では、昨年度の結果を踏まえて、地域社会の核となる企業の事業継続について、南海トラフ地震等へのリスク認知と対応方針などついてヒアリング調査を実施した。その結果を踏まえて、津波リスクの高い静岡県の浜松市および静岡市の津波浸水想定地区から製造業を抽出し、量的調査を行った。

(c) 業務の成果

1) 避難意図構造モデルによる調査分析

a) 調査の概要

避難意図構造の理論モデルにおける、避難意図に寄与する規定因の安定性を確認するため、高知県高知市で住民調査を実施した。調査地域の選定にあたっては、これまでの調査では避難意図に対して規範意識の寄与が大きく有意差が認められたことから、既往調査とは異なる規範意識構造を有する地域を選定することとした。市民の規範意識には、当該地区での居住歴の長さが影響すると想定されることから、本調査では、津波浸水想定区域の中から、居住歴の長い住民と短い住民の混在する市の中心部近傍の地区として、「南金田」と「日の出町」の２地区を選定した。調査地区は、津波浸水深は最大３～５ｍ、津波到達時間は最短 20 分～30 分程度の地域である（図３－５－④－１）[2)]。

量的調査は、2019 年２月に実施し、調査票を対象地区の全戸にタウンメールで配布し郵送で回収をした。調査対象者は、各世帯のなかで、１月１日から最も早く誕生日がくる高校生以上に回答を求めることにより、無作為に１名が抽出されるようにした。784 票の配布に対して、158 票の有効票を回収した（回収率 20.2%）。

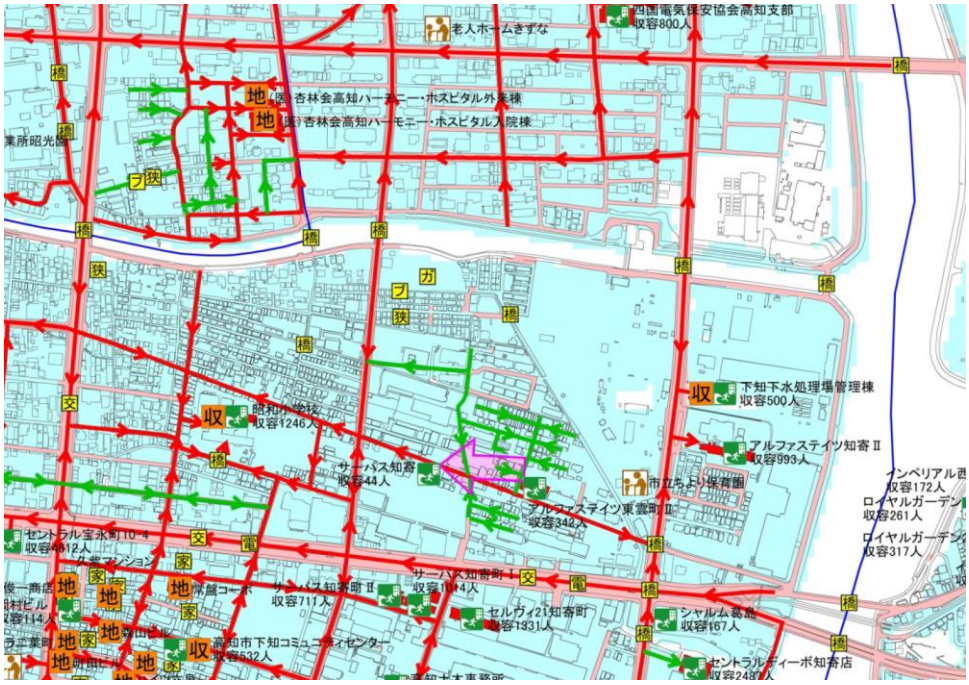


図３－５－④－１　調査地域の避難場所と避難経路 [2)]

b）分析結果

津波避難意図に対する規程因として「リスク認知」「効果評価」「実行可能性（自己効力感）」「主観的規範」「記述的規範」「コスト」の心理要因を仮定して実施された宇田川ら（2019）と同じ項目を測定した。宇田川ら（2019）では、因子分析の結果、効果評価と実行可能性が１つの因子としてまとまり、その他は概ね想定通りの因子構造を示していた。さらに、避難意図に対する説明力を検討した重回帰分析の結果、主観的規範、リスク認知、そして避難の安全性評価（効果評価と実行可能性が合わさった因子）が有意な説明力を持っていたことが示されている。静岡県沼津市を対象として示されたこれらの調査結果が、本研究の対象である高知県高知市においても同様の結

果を再現するかを確かめるため、分析を行った。

18 項目を対象とした因子分析（最尤法、プロマックス回転）を、５因子に指定した場合は宇田川ら(2019)と同様に効果評価と実行可能性が１つの因子としてまとまり、理論仮説に基づいて６因子指定をした場合は効果評価と実行可能性が別の因子として別れた。その他の因子に関してはどちらの分析でも理論仮説通りの因子構造を示した（表３－５－④－１，表３－５－④－２)。そこで探索的に５因子構造と６因子構造の両方において、避難意図に対する説明力を分析することとした。

表３－５－④－１　５因子モデル

実行可能性&効果評価	記述的規範	主観的規範	リスク	コスト	
0.74176	0.03147	0.09971	-0.01726	0.02591	A．地震が起きた後、すぐに家から逃げ出せば、避難場所まで無事にたどり着くことができると思う
0.65862	-0.07827	-0.06105	-0.15244	0.06058	D．避難場所までたどりつければ命が助かると思う
0.51639	-0.05519	-0.00683	-0.02349	0.0987	Q．避難場所は津波に対して安全だと思う
-0.41495	0.25205	0.0059	0.01157	0.02039	J．いまの避難場所では、津波に対して十分ではないと思う
-0.61012	-0.22898	0.01198	-0.22227	0.14582	N．地震の後に、すぐに家から逃げ出しても、無事に避難できる自信がない
-0.6404	-0.09216	0.02421	0.00535	0.16679	G．地震のとき、急いで家から逃げても、途中で津波に巻き込まれてしまうと思う
-0.0775	0.75837	0.02601	-0.14508	0.09358	M．強く長い揺れを感じたら、周りの人は、すぐに避難すると思う
0.11947	0.51393	0.09184	-0.10948	0.0965	I．津波警報が出たら、地域の人の中で避難する人は多いと思う
0.05811	-0.8207	0.06026	-0.03283	0.0746	O．大きな地震があっても、周りでは、すぐに逃げる人は少ないと思う
-0.10402	0.18429	0.83757	0.04545	0.02372	F．地震が起きたら、周りの人も私が避難することを望んでいると思う
0.05711	0.06276	0.81971	0.02955	0.05091	B．周りの人は私に対して「大きな地震のときはあなたも避難したほうがいい」と思っている
-0.01692	0.16412	-0.55712	0.07355	0.12356	K．大きな揺れの後に自分が避難しないでいても、周りからとがめられることはないと思う
-0.058	0.0759	-0.17721	0.69353	0.09109	E．津波がきたとき、自宅に残っていても、たいした危険にはあわずにすむと思う
0.04309	-0.25128	0.15593	0.42948	0.09832	R．自宅まで、たいした津波は来ないと思う
0.05552	0.09505	-0.00354	-0.70265	0.09662	L．自宅の建物は、津波に対して危険だと思う
0.10273	-0.04053	-0.03981	0.11599	0.85262	C．避難をすると、支障がでてしまう大事なことがあると思う
-0.05977	0.08029	-0.04222	-0.04792	0.63475	H．避難をすると、大切なものを失ってしまうかもしれないと思う
0.04875	-0.03719	-0.02892	0.0086	-0.20513	P．家を離れて避難をしても、失うものやできなくなって困ることはない

表３－５－④－２　６因子モデル

実行可能性	記述的規範	主観的規範	リスク	コスト	効果評価	
0.77115	-0.12248	0.03105	0.17692	0.08543	0.03513	N．地震の後に、すぐに家から逃げ出しても、無事に避難できる自信がない
0.71237	-0.00404	0.02365	-0.02811	0.13057	-0.01269	G．地震のとき、急いで家から逃げても、途中で津波に巻き込まれてしまうと思う
-0.73317	-0.04826	0.10202	0.04971	0.0514	0.07152	A．地震が起きた後、すぐに家から逃げ出せば、避難場所まで無事にたどり着くことができると思う
0.05698	0.79193	-0.0007	0.13563	0.06641	0.01969	M．強く長い揺れを感じたら、周りの人は、すぐに避難すると思う
-0.06942	0.53704	0.09899	0.04942	0.06258	0.08758	I．津波警報が出たら、地域の人の中で避難する人は多いと思う
0.08217	-0.77283	0.05715	0.06224	0.07994	0.08317	O．大きな地震があっても、周りでは、すぐに逃げる人は少ないと思う
0.05276	0.18684	0.8248	-0.03355	0.03575	-0.03489	F．地震が起きたら、周りの人も私が避難することを望んでいると思う
-0.11249	0.0433	0.79943	0.00605	0.07579	-0.03703	B．周りの人は私に対して「大きな地震のときはあなたも避難したほうがいい」と思っている
-0.02055	0.14756	-0.57542	-0.04064	0.13128	-0.03205	K．大きな揺れの後に自分が避難しないでいても、周りからとがめられることはないと思う
-0.13084	-0.00215	-0.0419	0.89998	0.12138	-0.15499	L．自宅の建物は、津波に対して危険だと思う
-0.12263	-0.27823	0.11602	-0.33588	0.15322	-0.04604	R．自宅まで、たいした津波は来ないと思う
-0.12028	0.00491	-0.20988	-0.58036	0.14622	-0.14047	E．津波がきたとき、自宅に残っていても、たいした危険にはあわずにすむと思う
-0.00895	-0.06615	-0.04378	-0.09829	0.84634	0.03297	C．避難をすると、支障がでてしまう大事なことがあると思う
0.13605	0.08008	-0.03876	0.02913	0.59925	0.00538	H．避難をすると、大切なものを失ってしまうかもしれないと思う
-0.02418	-0.0014	-0.04129	-0.00288	-0.20024	0.07038	P．家を離れて避難をしても、失うものやできなくなって困ることはない
-0.0435	0.12966	-0.00553	-0.05687	0.04235	0.76732	Q．避難場所は津波に対して安全だと思う
-0.38756	-0.03206	-0.05762	0.162	0.03028	0.40069	D．避難場所までたどりつければ命が助かると思う
0.00345	0.11706	-0.01152	0.03061	0.07532	-0.62234	J．いまの避難場所では、津波に対して十分ではないと思う

避難意図も宇田川ら（2019）と同様に、「どんなときに津波から避難したり上層階に上がることを考えますか」の質問の後、「強い揺れを感じたとき」「長い揺れを感じたとき」「大津波警報を見聞きしたとき」「市役所から避難勧告・避難指示などを見聞きしたとき」の４項目に対して「移動しない」「たぶん移動しない」「たぶん移動する」「必ず移動する」のいずれかで回答を求めた。４項目間の相関が高かったため（クロンバックのα係数が 0.86)、平均値を算出し「避難意図」として分析に使用した。

避難意図との相関パターンを表３－５－④－３と表３－５－④－４に示す。実行可

能性と効果評価は１因子として分析しても２因子として分析しても避難意図とは有意な相関を示さなかった。コストも有意な相関を示さず、主観的規範、記述的規範、そしてリスク認知が避難意図と有意な正の相関を示した。

表３－５－④－３　５因子モデルと避難意図との相関（上段がｒ値、下段がｐ値）

	主観的規範	記述的規範	実行可能性＆効果評価	リスク	コスト
避難意図	0.50	0.37	0.07	0.40	-0.01
	<.0001	<.0001	0.38	<.0001	0.86

表３－５－④－４　６因子モデルと避難意図との相関（上段がｒ値、下段がｐ値）

	主観的規範	記述的規範	実行可能性	効果評価	リスク	コスト
避難意図	0.50	0.37	0.10	0.03	0.40	-0.01
	<.0001	<.0001	0.22	0.76	<.0001	0.86

次に、宇田川ら（2019）と同様に回帰分析（ステップワイズ法）を行った。結果を表３－５－④－５、表３－５－④－６に示す。いずれにおいても採択された因子は同一であり、相関分析と同様、主観的規範、記述的規範、そしてリスク認知において避難意図に対する有意な効果が示された。なお、5 因子モデルでも 6 因子モデルでも、ステップワイズ法によって選択された主観的規範、記述的規範、リスクの因子は全く同じ項目で合成された値であるため、回帰分析の結果に差は見られていない。

表３－５－④－５　５因子モデルによる回帰分析（ステップワイズ法）

変数	自由度	推定値	標準誤差	t 値	p 値	標準推定値	分散拡大
切片	1	0.24339	0.18483	1.32	0.19	0	0
主観的規範	1	0.31992	0.07268	4.4	<.0001	0.34578	1.31901
記述的規範	1	0.19152	0.07972	2.4	0.0176	0.18154	1.22062
リスク	1	0.23393	0.08085	2.89	0.0044	0.21736	1.2064

表３－５－④－６　６因子モデルによる回帰分析（ステップワイズ法）

変数	自由度	推定値	標準誤差	t 値	p 値	標準推定値	分散拡大
切片	1	0.24339	0.18483	1.32	0.19	0	0
主観的規範	1	0.31992	0.07268	4.40	<.0001	0.34578	1.31901
記述的規範	1	0.19152	0.07972	2.40	0.0176	0.18154	1.22062
リスク	1	0.23393	0.08085	2.89	0.0044	0.21736	1.20640

リスク認知と主観的規範は沼津（宇田川ら,2019）でも本研究対象の高知でも有意な効果が見られており、普遍的な効果を持つ可能性がある。一方、沼津では実行可能性と効果評価に効果がみられ、記述的規範には効果がみられていなかった。これらの分析結果からは、宇田川ら（2019）で示された避難意図と関連する因子構造が地域を超えてある程度一貫していること、そして、避難意図に対して効果のある因子は地域に

よらず共通性の高い因子と、地域によって異なる因子とが存在する可能性を示唆している。

2)地域産業の事業継続に関する予備的調査

地域住民の関心は長期化する避難生活や地域へ向かっていること、平成 28 年 11 月から気象庁が発表することとなった「南海トラフ地震に関連する情報」の活用を考える上で、個人の避難行動は企業の休業判断に依存することから昨年度から企業の事業継続計画の予備的検討を開始した。

今年度は、当該地から域外への製造品出荷プロセスの分析の必要性や事業を中断する基準や計画はない点を踏まえて、企業における事業継続上の影響評価に資する予備調査を実施し、本格調査実施にむけた評価項目の精査を行った。

a)企業本社に関する聞取り調査

まず、事業所の事業継続計画や中止判断に影響を与えると想定された企業本社における南海トラフ地震等へのリスク認知と対応方針などについて、聞取り調査を実施した。対象とした企業は、もっとも対策が進んでいると考えられる日本を代表する大手企業で、対企業製品製造を中核とするＡ社、対企業および消費財製造を行っているＢ社、災害時に重要となる飲料を製造しているＣ社ならびに大手小売業のＤ社である。

ア)リスク管理の体制

各社とも本社で包括的なリスクマネジメントを行い、事業グループや事業所毎に事業内容や立地環境に合わせて具体化を図っている。対象とするリスクは、地震・台風・津波・洪水・火山噴火といった自然災害に加えて、グローバルに事業を展開していることからテロや暴動、設備の破壊まで幅広本社サイドで洗い出し、事業所で関連リスクへの初期対応計画と事業継続計画とを策定している。したがって、事業中断の判断等は計画策定時や全社的観点から本社から指示する事もあるが、基本は事業所が行う例が多い。

イ)優先業務の方針

各社とも業務の優先順位を明示しており、人命保護を最優先に置く企業が多い。その上で、事業内容に応じたサプライヤーとしての会社の信用から優先順位を定めている。具体的には、社会生活に大きな影響を与える交通の維持や復旧に関連する事業、飲料水等被災住民等の生命維持に重要な事業、シェアーが大きな事業などである。

ウ)南海トラフ地震対応

南海トラフ地震に関しては、被害想定に基づきリスク評価をしたり、本社に関連事業を含めたタスクフォースを作り対応を図っている企業もあるが、南海トラフ地震に関連する情報ついてはまだ対応を決めていないところが多い。ただ、少なくとも避難勧告等立地市町村の指示に従って事業は中断する点は共通であった。

エ)規制緩和等の要望

最終消費財の製造や流通に関わる企業では、表示や物流に対する規制が影響する可能性も指摘されたが、全般的には社内基準や業界基準の方が厳しいとのことだった。

b）地域 BCP 策定に寄与する防災知識啓発に関する量的調査

ア）調査の概要

南海トラフ地震に関する情報提供や啓発効果に関して、企業における「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」への現状の認識や理解度、対策の実施状況などについて量的調査を行った。南海トラフ地震への防災対策および、事業継続計画の策定が求められる事業所を対象に調査を行った。調査対象とする事業所を製造業の工場とし、静岡県の浜松市及び静岡市の沿岸部の事業所を対象に、郵送配布・郵送回収による量的調査を実施した。332 か所の事業所に調査票を配布し、76 事業所（23%）から回答を得た。

イ）分析結果

操業中に、地震の強い揺れに襲われた場合に心配なこととしては、従業員のけがを挙げる事業所が最も多く約９割に及んだ（図３－５－④－２）。

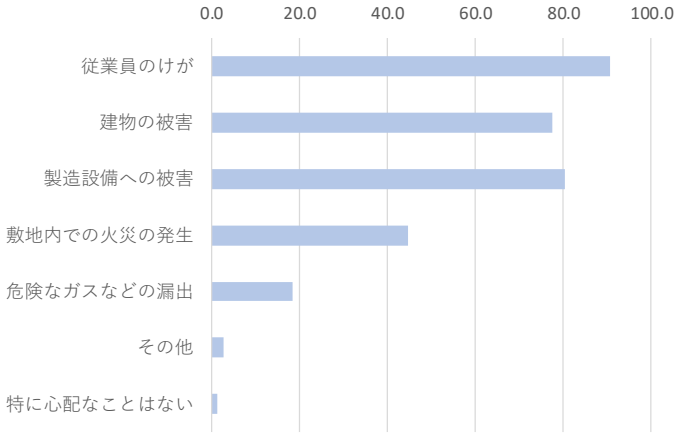


図３－５－④－２　地震の揺れによる懸念事項

回答事業所における、大きな津波の襲来時の想定浸水深は、３ｍ以上の施設が約２割、３ｍ未満の施設が約３割であった。なお浸水する危険を認知しながら深さまでは分からないとする事業所が最も多く４割に及んだ（図３－５－④－３）。

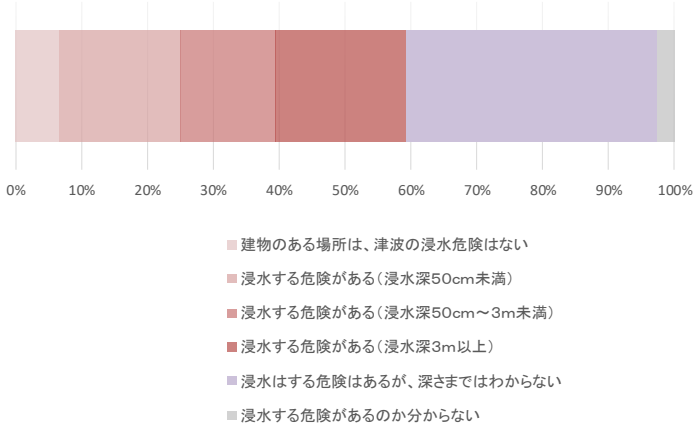


図３－５－④－３　想定する浸水深

津波警報等が発表になった際の緊急避難場所を８割以上の事業所で決めていた。建物の上層階に避難する計画である事業所が最も多く、次いで事業所の外の高台や避難ビルに避難する事業所が多く、いずれも４割程度であった（図３－５－④－４）。

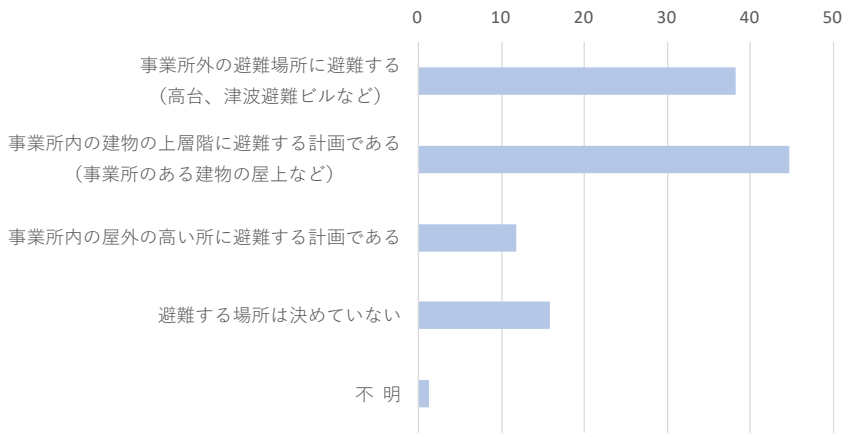


図３－５－④－４　　想定する避難場所（複数回答）

従業員全員が津波から安全に避難できるか懸念あるか尋ねた結果、想定される津波浸水深が深いと認識している事業所の方が、懸念している事業所の割合が多い傾向があった（図３－５－④－５）。

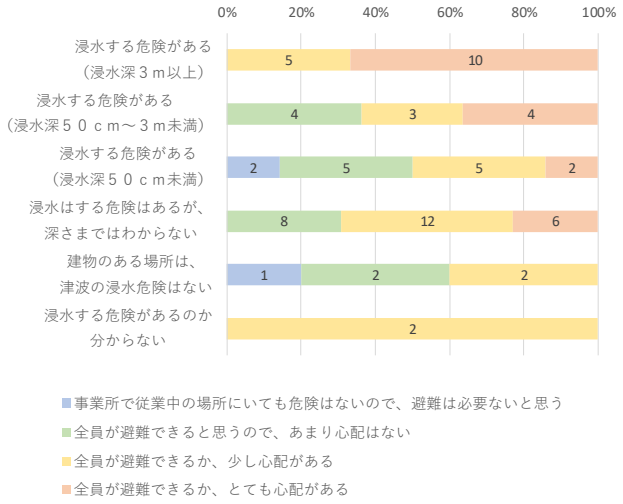


図３－５－④－５　　従業員の避難への懸念の有無（想定津波浸水深別）

「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」について聞いたことがあるか尋ねた結果では、テレビや新聞などできいたことがある事業所は全体の約９割に及ぶが、詳しく調べたことがある事業所は全体の２割に達していない（図３－５－④－６）。

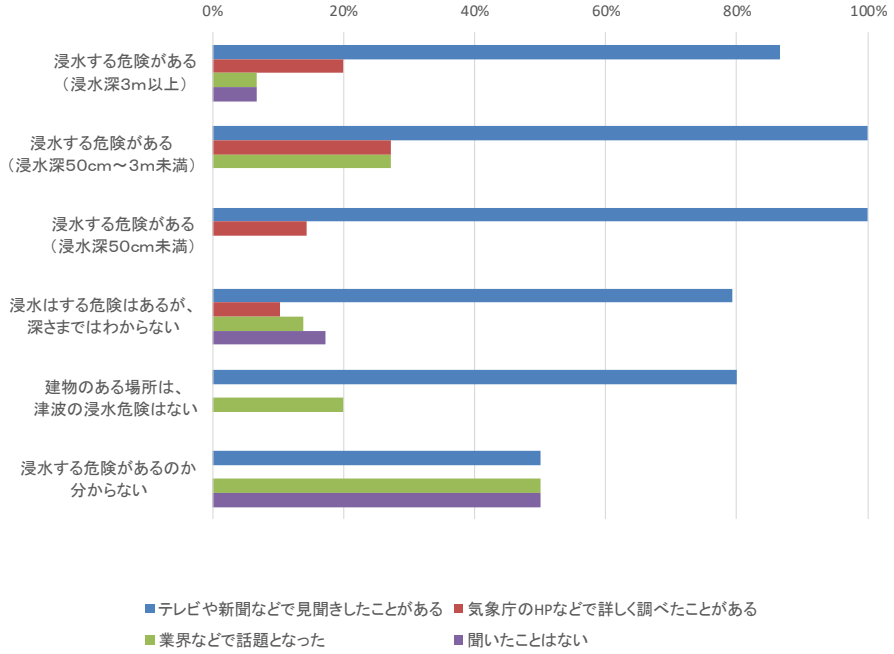


図３－５－④－６　「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」の認知状況（想定津波浸水深別）

「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」発表時の事業所の対応について、全体の１割強の事業所で計画を策定ずみであり、約６割の事業所で今後に検討する意向であった。また、本社での検討を待つとした事業所は無かった（図３－５－④－７）。

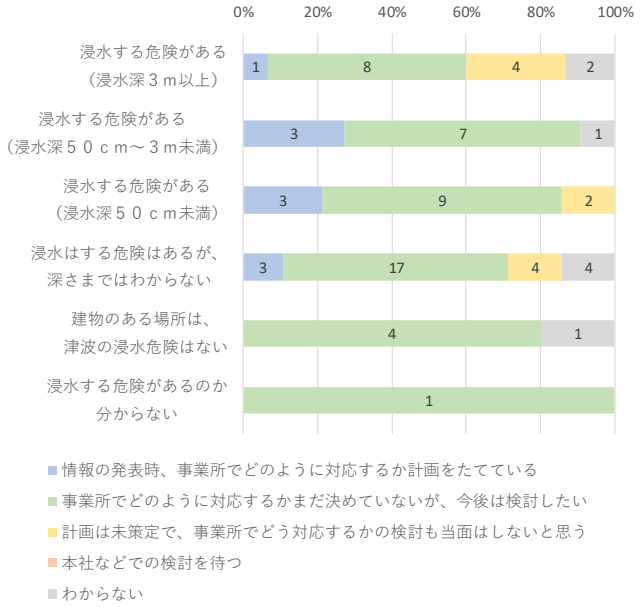


図３－５－④－７　「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」への対応計画の有無

そして「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」が発表になった際の事業所の対応については、全体の約９割の事業所が、本社などではなく事業所で判断すると回答し

ている（図３－５－④－８）。

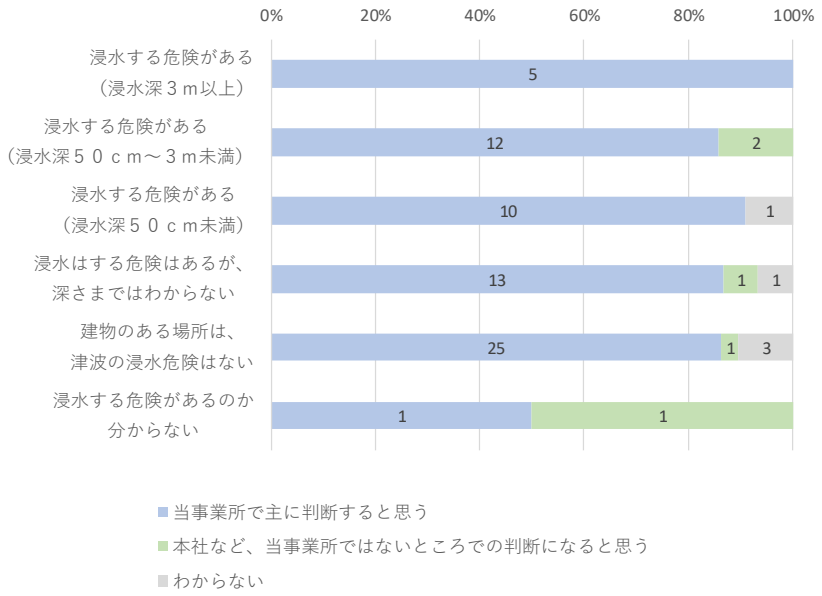


図３－５－④－８　「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」発表時の判断主体

「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」が発表になった際の事業所の具体的な対応内容としては、情報の収集・伝達体制の確認・強化を行う可能性が高いとする事業所が最も多く８割を超え、施設・設備の安全の確認・強化を行う可能性が高いとする事業所が約７割に及ぶ。また、業務の中断をする可能性が高いとする事業所は約半数に及ぶ（図３－５－④－９）。

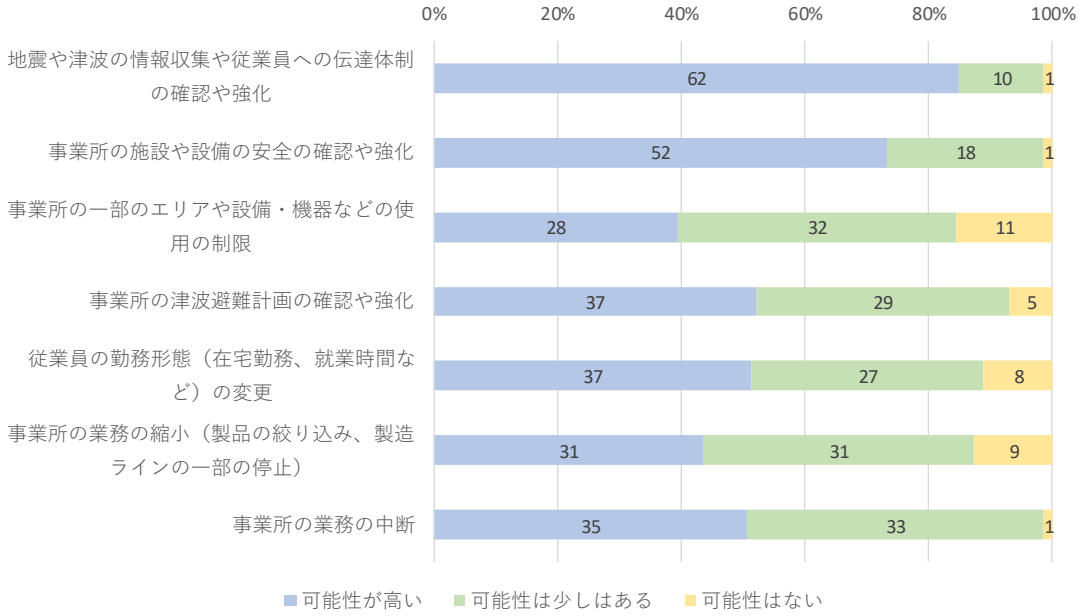


図３－５－④－９　「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」発表時の判断主体

そうした事業所の対応を検討するうえで、重要となる状況としては、避難勧告等の

発令状況を挙げる事業所が最も多く８割におよぶ。また全般に、従業員の出社や生活に関わる状況を挙げる事業所の方が、取引先の状況をあげる事業所よりもやや多い傾向が見られた（図３－５－④－10）。

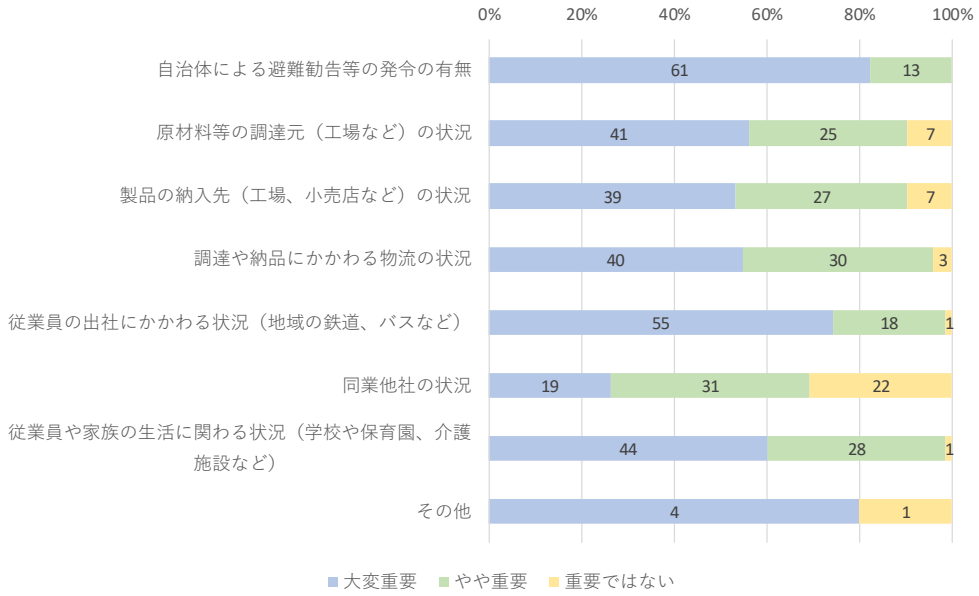
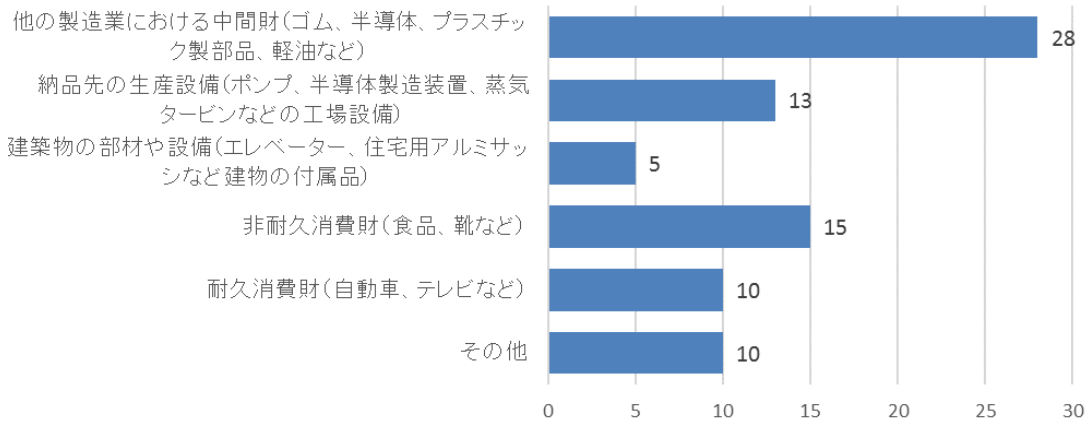


図３－５－④－10　「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」発表時の対応の判断材料

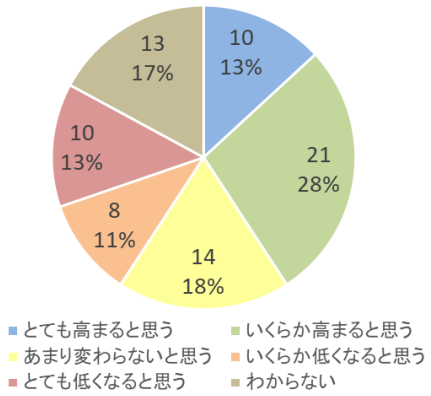
調査対象企業における主要製品は、他社における中間財や生産設備等を取り扱う企業が多く，全体の６割を占める（図３－５－④－11）。



（その他の内容） ・船舶の修理 ・飼・肥料原料の混合	・産業廃棄物（がれき類）の中間処分、アスファルト合材の販売 ・金型彫刻 ・配合飼料製造

図３－５－④－11　対象企業の主要製品

災害が発生した場合における主要製品に対する需要の変化では、約４割の製品に対して「高まる」と考えられており、２割強が「低くなる」と考えられている（図３－５－④－12）。



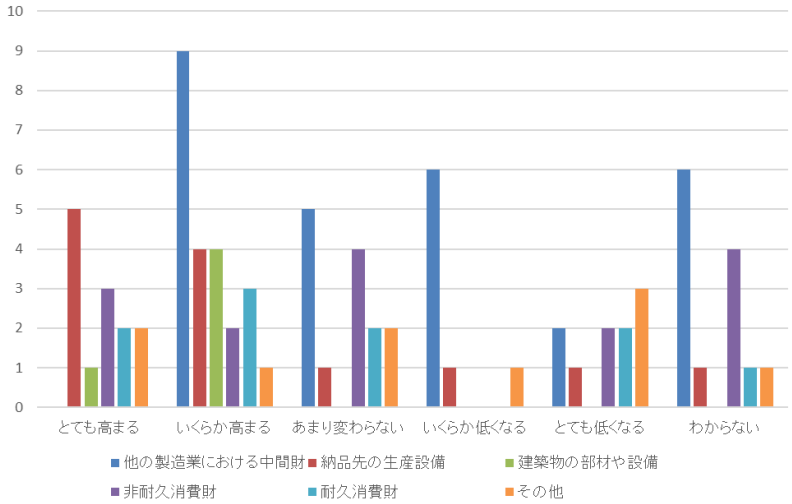
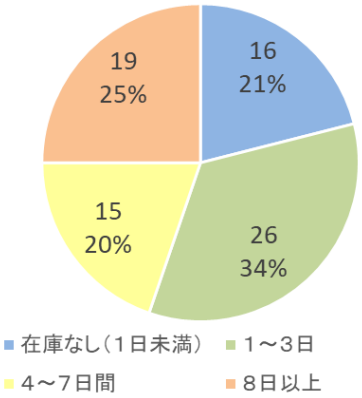


図３－５－④－12　災害による主要製品への需要の変化

主要製品の在庫日数（複数ある場合は最も短い製品）は、半数が３日以下であった。これは、従業員数が少ないほど短くなる傾向がある（図３－５－④－13）。



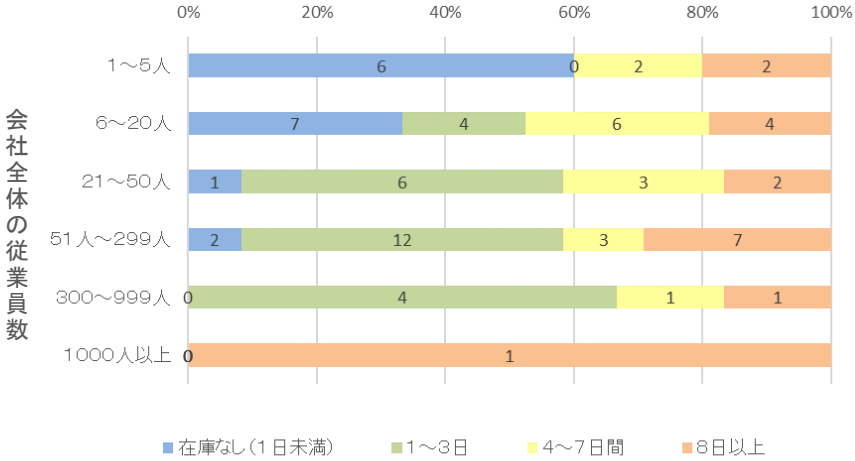


図３－５－④－13　主要製品（複数ある場合は最も短い製品）の在庫日数

製造が１週間程度行えなくなった場合の影響では、約６割の企業が取引先に多大な影響が生じると思うと考えている。一方で、２割の企業は「わからない」と回答しており、この傾向は従業員数が少ないほど見られる（図３－５－④－14）。

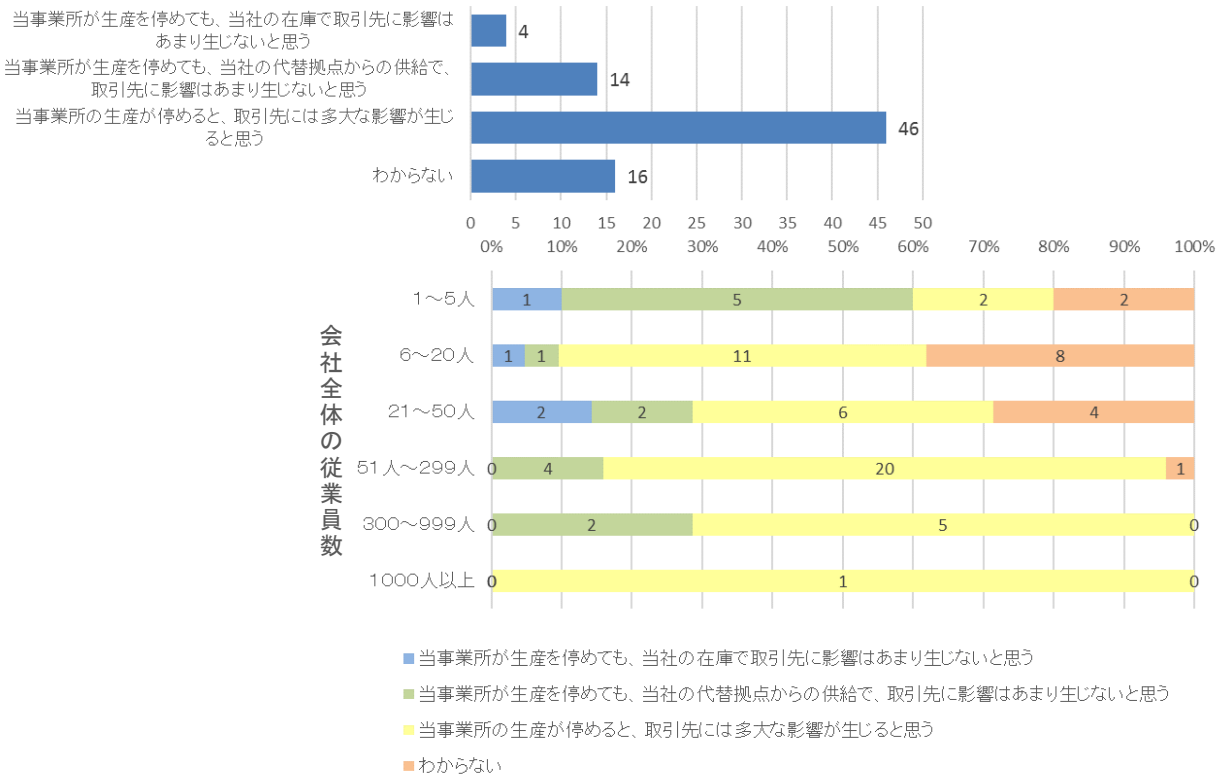


図３－５－④－14　製造が１週間程度行えなくなった場合の影響

生産活動を縮小することになった場合行う可能性のある対応については、５割弱の企業が「製造量を減らして」対応すると回答している。一方で、３割弱の企業は「わからない」と回答している（図３－５－④－15）。

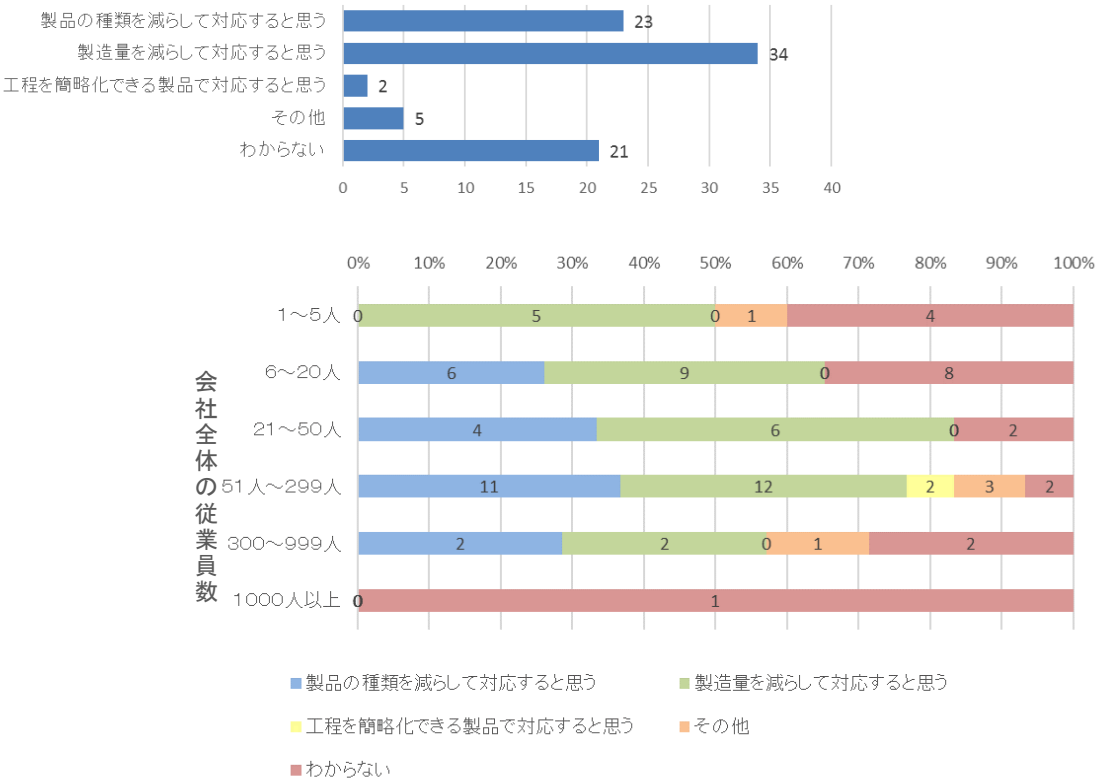


図３－５－④－15　生産活動を縮小することになった場合、行う可能性のある対応

自然災害が発生して地域に被害が生じた場合の事業所の操業の継続判断については、約７割の企業が当該事業所で判断すると回答している（図３－５－④－16）。

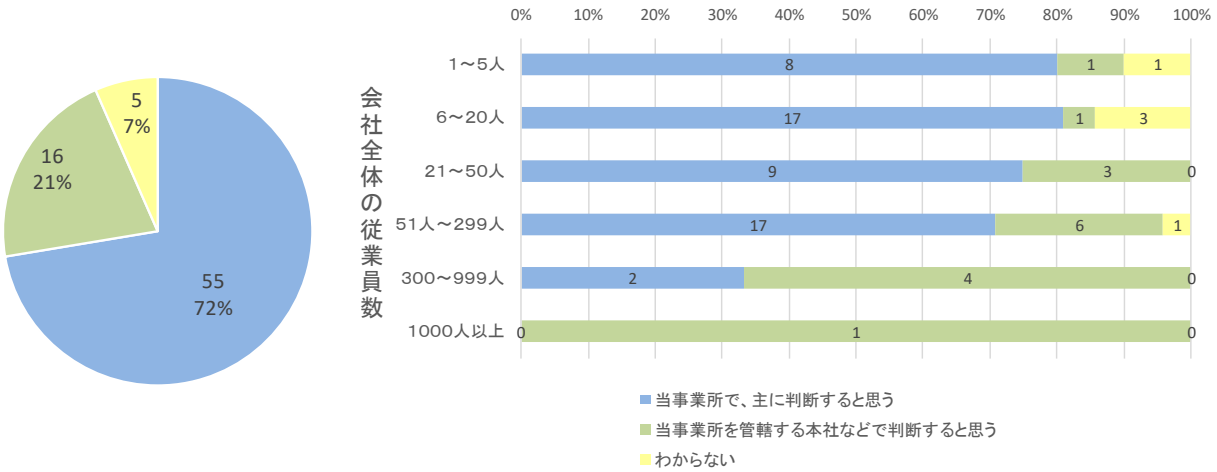


図３－５－④－16　自然災害が発生して地域に被害が生じた際の事業所の操業の継続判断

「南海トラフ地震に関する情報（臨時）が発表になった場合」と「自然災害が発生して被害が生じた場合」において操業継続の判断を比較すると、「情報が発表になった場合」の方が事業所で判断する企業が多い傾向が見られた（図３－５－④－17）。

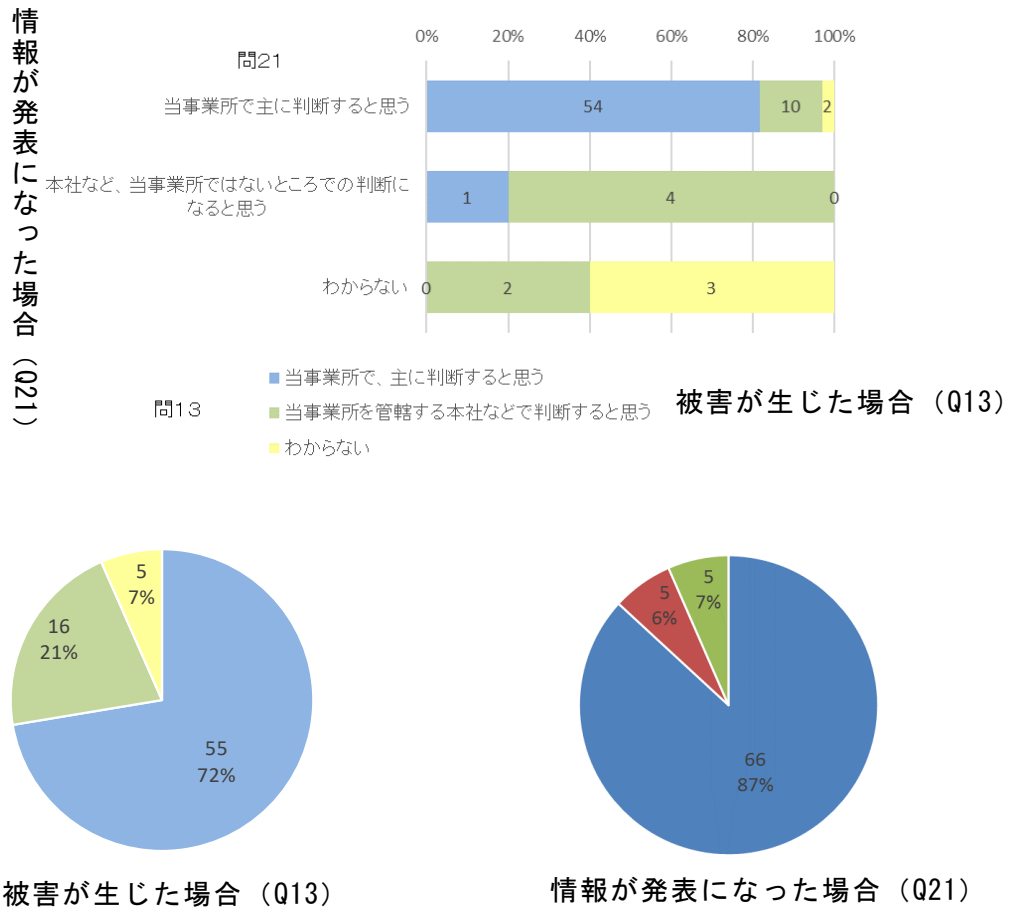


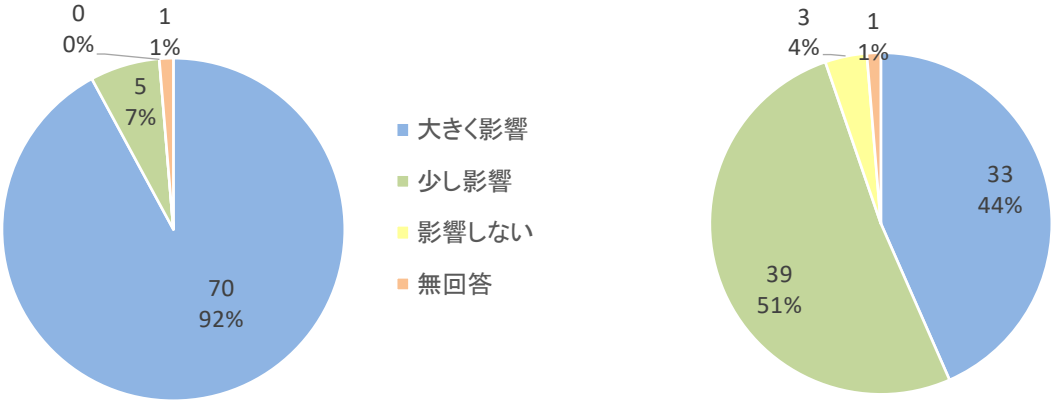
図３－５－④－17　地域に被害が生じた場合と情報発表の場合の事業所の操業継続判断の差

工場の中断・再開等を判断する際に大きく影響する要因は、「工場の設備やライフライン被害の影響」が最も大きくほぼ全ての企業がなんらかの影響があると回答しており、９割の企業が大きく影響するとしている。

全ての項目について、多くの企業が何らかの影響があると回答している一方で、従業員の家族に関わる状況については最も低い回答であった（表３－５－④－７、及び図３－５－④－18）。

表３－５－④－７　自然災害が発生して地域に被害が生じた際、工場の中断・再開等を判断する際に大きく影響する要因

	調査数	大きく影響	少し影響	影響しない	不明
A. 工場の設備やライフラインの被害の状況	76	70	5	－	1
	100.0	92.1	6.6	－	1.3
B. 原材料等の調達元（工場など）の状況	76	62	13	－	1
	100.0	81.6	17.1	－	1.3
C. 製品の納入先（工場、小売店など）の状況	76	41	33	1	1
	100.0	53.9	43.4	1.3	1.3
D. 調達や納品にかかわる物流の状況	76	56	17	2	1
	100.0	73.7	22.4	2.6	1.3
E. 従業員の出社にかかわる状況（地域の鉄道、バスなど）	76	52	21	2	1
	100.0	68.4	27.6	2.6	1.3
F. 従業員や家族の生活に関わる状況（学校や保育園、介護施設など）	76	33	39	3	1
	100.0	43.4	51.3	3.9	1.3
G. その他	76	4	3	1	68
	100.0	5.3	3.9	1.3	89.5



Ａ．工場の設備やライフラインの被害の状況

Ｆ．従業員や家族の生活に関わる状況（学校や保育園、介護施設など）

図３－５－④－18　自然災害が発生して地域に被害が生じた際、工場の中断・再開等を判断する際に大きく影響する要因（抜粋）

災害発生後の重要業務などに関する計画の有無では、４割弱の企業が策定済みであり、策定中・策定予定を含めると７割の企業で策定が期待される。一方で、策定する予定もない企業が３割弱あり、特に従業員数の少ない企業で多い傾向がある（図３－５－④－19）。

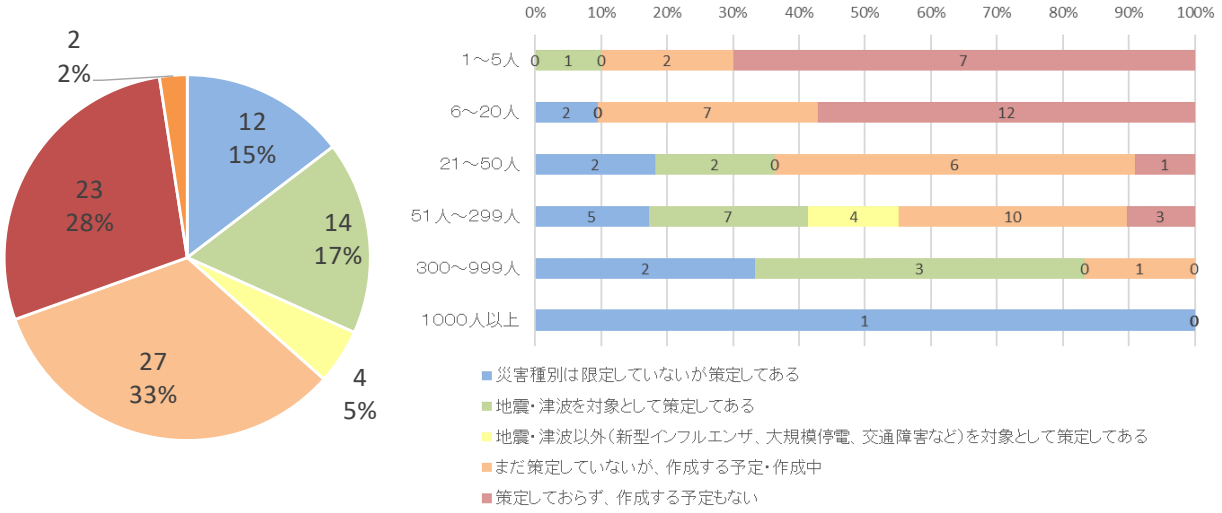


図３－５－④－19　災害発生後の事業の再開や重要業務の継続などに関する計画の有無

具体的な事業継続対策で今後取組みたいことでは、取引先と連携した対策と回答した企業が最も多く約５割、ついでハード対策の強化・電源や燃料などの確保が４割弱、緊急時生産を委託できる協力企業の確保が約３割であった（図３－５－④－20）。

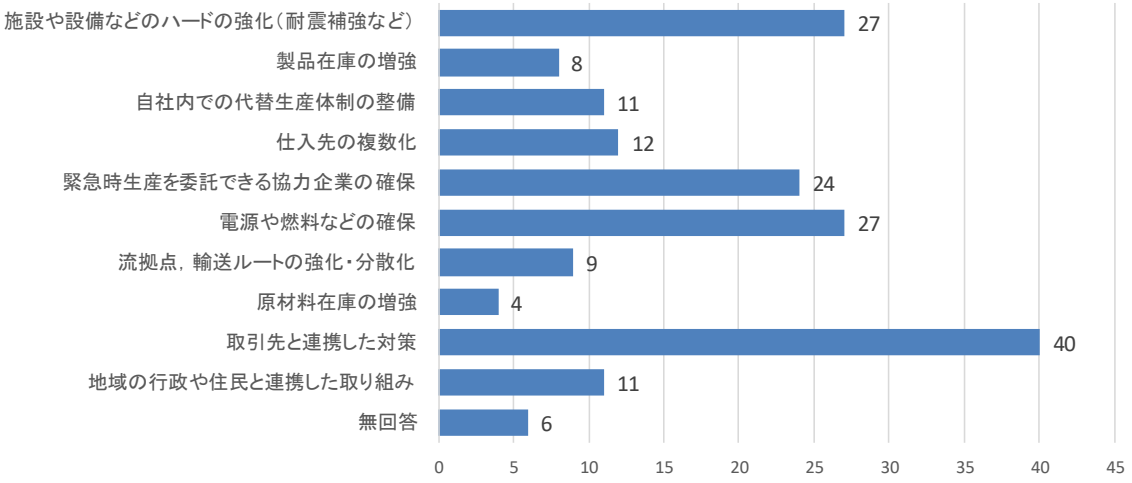
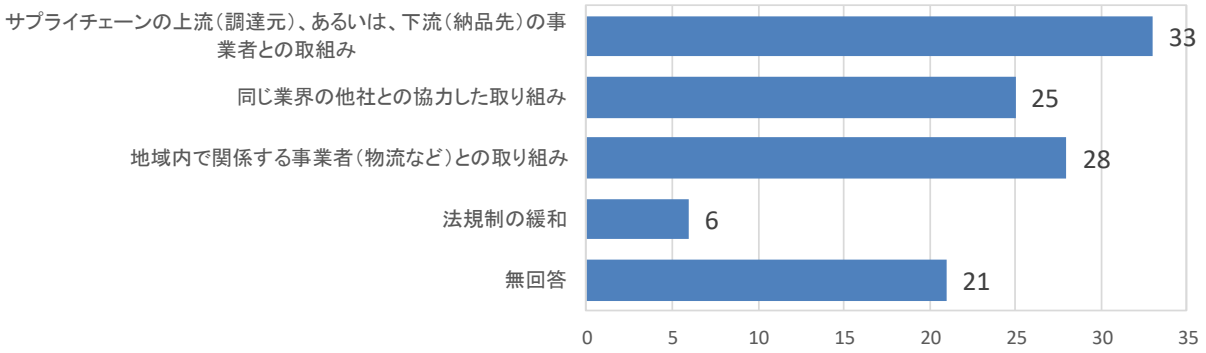


図３－５－④－20　事業継続のため、今後に取り組みや強化したいと思われること

南海トラフ地震に関する情報（臨時）が発表された場合において期待される取り組みについては、「法規制の緩和」以外の全ての項目を３割～４割の企業が該当すると回答している。

具体的な内容では、代替生産や物流システムに関するもの、平時からの同業他社との連携、従業員や関係企業の安全確保などがあげられた。また、情報の伝達方法について検討を期待する意見も得られた（図３-５-④-21）。



（内容の詳細） ・代替生産 ・上流企業の早期の対応発表。 ・同業者間での委託作業、強化。 ・取引先の生産を停止させないことを優先して、対応策を立てている。（１）取引先とのネットワーク、緊急時の動き方。（２）生産ができなくなった時の同業者の協力、ｅｔｃ． ・発生した時は大事な件と思うが現在は取組んでいない ・想定には無理があり、まずは逃げられるかどうかです。 ・輸出品が多いので、港からの物流システムの見直しなど。 ・道路の被害及通学路他の業者の現実の情報により正確な被害状況がわかり今後の対応に生かせるのではないだろうか	・産廃業であり排出事業者が停止しないかぎり、物流も止まらないため、連携は必要である。納品先へは物流会社の対応で変わるため、納品先の考え対応に沿う様な体制を組みたい。又、この場合、それぞれの契約書のしばりにより損害賠償にもなりかねないため、情報が発表された時は、火災の時の様に賠責を負う事が無い様な法の整備が必要。 ・同業者や客先、下請けなどが情報を共有し従業員の安全第一で行動する。 ・伝達方法を考えてほしい ・地域で同業他社、倉庫会社と情報交換会を年３回実施災害だけでなく日頃からの協力関係を取り組んでいる。今後臨時情報に対する各社の対応など協議したい

図３－５－④－21　「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」への対応などを考えるにあたり行われたら良い思うこと

(d)　結論ならびに今後の課題

避難行動意図モデルの詳細分析では、過年度とは異なる地域特性の地域を選定し調査を行った結果でも、本調査で確立した避難意図構造の安定性を確認することができた。そして、避難意図に対して効果のある因子としては、地域によらず共通性の高い主観的規範やリスク認知などの因子と、地域によって異なる因子とが存在する可能性が示唆された。

地域 BCP の分析に向けての予備的検討において、大手企業本社への事業継続に関するヒアリング調査では、各社とも業務の優先順位を明示しており、人命保護を最優先に置く企業が多かった。そして、事業所における事業中断の判断基準について計画策定時や全社的観点から本社から示すこともあるが、基本的には事業所で判断する企業が多かった。そのため「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」への対応としても、各事業所においては立地市町村から避難勧告等の指示が発令された際には、事業は中断されるとの考えであった。

静岡県における製造業への量的調査結果では、「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」について聞いたことがある事業所は９割に及んでおり、約６割の事業所が今後に

検討する意向であることを確認した。事業所の対応の判断は現地で行われ、判断材料としては、避難勧告等の発令状況を挙げる事業所が最も多く、従業員の出社や生活に関わる状況を挙げる事業所の方が、商取引先の状況をあげる事業所よりもやや多い傾向が見られた。

(e) 引用文献

1)宇田川真之,三船恒裕,定池祐季,磯打千雅子,黄欣悦,田中淳,平常時の避難行動意図に関する汎用的な調査フレーム構築の試み,災害情報学会 17-1,2019

2)昭和小学校区津波避難計画書,2017

(3) 平成 31 年度業務計画案

巨大地震発生域調査観測研究、東日本大震災教訓活用研究、地震・津波被害予測研究、およびそのほかハザード・リスク情報との成果運用に関する連携技術・手法と、DONET を介したリアルタイムデータの伝送や地震計ネットワークの情報との連動に対応するための機能を、「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム」に実装する。

1-e で開発、整備してきたデータ、システム、及び教材と、リスクコミュニケーション（RC)・人材育成手法の調査結果を反映し、「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム」（Ver.２）を一般公開する。

同時に、地域の防災計画で利用されるために、「南海トラフ広域地震災害情報プラットフォーム」（Ver.２）を利活用した社会実験を行政組織と協働で実施し、情報・コンテンツの一気通貫利用を行い、システム活用の地域展開も実施する。