

2. 8 創成情報発信研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 創成情報発信研究

(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	副本部長 副部門長 主任研究員 特別研究員 特別研究員 主任研究員 特別研究員 特別研究員	高橋 成実 中村 洋光 近貞 直孝 水井 良暢 崔 青林 李 泰榮 池田 真幸 大塚 理加
国立研究開発法人海洋研究開発機構	主任研究員 アドバイザー 技術スタッフ 事務主事 事務副主幹	今井健太郎 長田 啓志 大林 涼子 村上 雅亮 小柳津昌久
国立大学法人香川大学	特任教授 教授 技術補佐員 係員	金田 義行 野々村敦子 高橋 真里 園田 恒亮
国立大学法人徳島大学	教授 講師 講師	馬場 俊孝 湯浅 恭史 金井 純子
国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学	准教授 准教授 客員教授 特任准教授 特任助教	中井健太郎 平山 修久 新井 伸夫 都築 充雄 千葉 啓広
公立大学法人兵庫県立大学	教授 准教授	阪本真由美 松川 杏寧
人と未来防災センター	主任研究員	高原 耕平
静岡県公立大学法人静岡県立大学	特任教授	楠城 一嘉
国立大学法人大分大学	教授	小林 祐司
近畿大学 生物理工学部	准教授	島崎 敢

(c) 業務の目的

地域防災力の向上のために、事前準備、災害時対応及び災害後対応の各ステージで各種情報を地域の防災に活用するための情報発信の在り方を探る。サブ課題1の理学的な成果とサブ課題2の工学・社会的な成果を、地殻変動や地震活動等、異常な現象が発生した時にどのように活かすか、これまでの南海トラフ巨大地震関連のプロジェクトの地域研究会での議論も参考に、情報発信検討会を共通の防災上の特性を有する複数の地域で開催して検討する。検討には、気象庁からの南海トラフ地震臨時情報・解説情報の発表のケースを念頭に、これまで地震調査研究推進本部から公表されているハザードマップや各種情報も入力情報として使用する。研究成果を直接的に防災に活かせるよう、地域毎に異なる防災上の課題を整理し、その解決手段を講じる。つまり、単に研究成果を防災情報としてアウトプットするだけでなく、正しくかつ効果的に防災情報を利用し適切な防災行動につなげてもらう必要がある。例えば、津波浸水を考えた場合、浅い浸水深が安心情報になってはいけない。それは、浸水評価の誤差の問題のみならず、浅い浸水深は瓦礫集積や津波火災の可能性を示唆するからである。個々人の知識と経験から、各地域が防災上のリーダーシップをとって行動に移すことができる体制の構築を目指し、災害対応評価システムを構築して、本プロジェクトの成果の地域への貢献度を評価する。この評価のために、地方自治体や地域の研究者の協力を仰ぎ、特定多数における情報リテラシーを計測する。また、これらの取り組みや分析結果について、情報発信検討会を通じて地域と共有して検証し、次の防災力向上の計画へとつなげる。

(d) 5か年の年次実施計画

1) 令和2年度：

各自治体や企業との関係において、情報発信検討会の協力体制を構築し、防災上の特性を踏まえ、津波、内陸地震・支援、産業、複合災害の4つをテーマに設定し、第1回を合同で開催した。地震津波複合被害調査手法を検討し、津波浸水計算、津波瓦礫計算、軟弱地盤による構造物の応答計算手法を検討し、対象地域を特定した。災害対応評価システムを設計し、試作し、試験的に調査を実施、分析した。

2) 令和3年度：

各自治体や企業との協力関係に基づき、4つのテーマで情報発信検討会を年2回実施した。地震津波複合被害調査手法を、津波浸水計算、津波瓦礫計算、軟弱地盤による構造物の応答計算の手法で特定し、地域防災に大きく影響する要素を計算、地域に提示した。災害対応評価システムによる調査と分析を進め、必要に応じてシステムの改良を行った。

3) 令和4年度：

前年度に引き続き情報発信検討会を各テーマで年2回実施した。地震津波複合被害調査の計算を進め、地域におけるシステム化を検討した。前年度に引き続き災害対応評価システムによる調査と分析を進め、防災特性共通地域ごとに情報リテラシー向上に向けて、定量化を進めた。

4) 令和5年度：

前年度に引き続き情報発信検討会を各テーマで年2回実施した。地震津波複合被害調査の結果を地域に実装する検討を進めた。前年度に引き続き災害対応評価システム

による調査と分析を進め、防災特性共通地域ごとに情報リテラシー向上に向けて、定量化を進めた。

5) 令和6年度：

前年度に引き続き情報発信検討会を各テーマで年2回実施する。地震津波複合被害調査の結果を地域に実装する。前年度に引き続き災害対応評価システムによる調査と分析を進め、情報リテラシー向上の成果を地域に還元する。

(e) 令和5年度業務目的

ハザード評価、複合災害対応、事業継続、人材育成の4つに分類した防災上の特性を踏まえた情報発信検討会を開催する。サブ課題1とサブ課題2、また、サブ課題3の中での検討結果を情報発信検討会で報告し、地域や企業側からの意見を取りまとめ、情報発信の在り方を探る。サブ課題3では、地域防災計画を鑑み、津波瓦礫、軟弱地盤による液状化など、災害軽減の観点から、シミュレーション研究などの研究結果を地域に還元する。さらに、サブ課題3で発信する情報が適切な防災行動につなげることができるのか、つながっていないとすればどのような情報が不足しているのか、特定多数を対象とした情報リテラシー向上に向けたアンケート調査を行うとともに、地域防災を担う人材の育成にも貢献する。

(2) 令和5年度の成果

①地域の防災上の課題評価

(a) 業務の要約

延岡市市街地を例に、津波瓦礫の漂流、集積・堆積、氾濫、軟弱地盤の評価を実施した。これまで、津波瓦礫の漂流では、尾鷲市を例に津波瓦礫即時予測を構築してきたが、これを延岡市で適用する場合は、より広域の評価が求められるため、計算のパラメータを絞ることができるか、いくつかのパラメータの感度解析を実施した。底面摩擦係数、付加質量係数、瓦礫同士の斥力は考慮すべきパラメータであることを確認した。

津波瓦礫の集積・堆積については、極端に集積する場所がある状況よりも薄く広く堆積する傾向が示された。また、津波氾濫について、水門の開閉により違いも評価したが、いくつかの水門ではわずかながら閉めた方が浸水深が浅くなる傾向が示された。

軟弱地盤の評価では、延岡市の深部地盤にはN値の小さいシルト層があり、低周波成分を含む地震動が励起された場合には特に揺れが大きくなり、平均有効応力低下がみられせん断ひずみも大きくなることが示された。また、二次元計算を通じて、盆地状の地盤構造も実体波や表面波のエッジ効果やレンズ効果で局所的に揺れが大きくなる場所があることが示された。

(b) 業務の成果

1) 延岡市市街地における津波瓦礫の漂流に関する検討

これまで尾鷲市で実施してきた津波瓦礫の漂流に関する検討を宮崎県延岡市で行った。延岡市は、五ヶ瀬川と大瀬川、祝子川、北川の4河川に、南方から浜川という中小河川が流れ込む地域である。そのため、尾鷲市よりもより規模の大きい都市の例として、

延岡市を選択していた。これまで津波対策を講じる上で、どのような津波が発生し、どのような被害が想定されるのかを予め数値計算によって見積もることは非常に重要であるが、その被害想定には浸水深のみが用いられることほとんどである。2011年東北地方太平洋沖においては、建物の倒壊やそれに伴う瓦礫の発生、車両や船舶を含めた漂流被害が発生し、集積した災害瓦礫による火災によって被害が拡大したのは周知のとおりである。そこで津波波力に基づく建物倒壊による災害瓦礫の発生と災害瓦礫の漂流を考慮した津波ハザード評価手法の検討を行ってきた。

近い将来発生が想定されている南海トラフ地震により生じる津波について、内閣府南海トラフ巨大地震津波モデル検討会¹⁾から公表されている津波初期波源 11 ケースを用いて、津波被害が想定される宮崎県延岡市を対象例として、災害瓦礫を考慮した津波ハザード評価手法の検討を行っている。本検討では、小園ら²⁾の津波波力に基づく建物倒壊を考慮した津波浸水計算手法を用いた。この手法では、建物を地形として取り扱い、津波の伝播は二次元の浅水方程式に基づいており、波力に応じて建物の倒壊判定を行う。個々の建物を十分な解像度で地形として扱うためには高分解能な地形モデルが必要であり今回は 2 m 分解能で地形モデルを作成した。一方、初期波源全域をカバーするには格子数が膨大になるため解像度を落とす必要があり、2 m、10m、30m、90m、270m、そして 810m の分解能で高分解能の接続のみ 1:5 とし、他は 1:3 で接続するネスティングとした。なお、浸水想定域として 2 m 分解能で延岡市の浸水想定域の全域をカバーするため、約 4,000 x 約 2,000 メッシュとなっている。続く災害瓦礫の漂流計算については、先の津波浸水計算において倒壊判定された建物による瓦礫と車両及び船舶を漂流物として計算する。漂流計算には、小園ら³⁾による複数の移動形態を考慮した計算手法を用いている。

倒壊しなかった建物等に対する津波とその瓦礫が衝突する際の影響を考慮するためには、津波瓦礫が堆積している状況や瓦礫同士を考慮する必要がある。特に、地震津波に対して防御すべき重要施設に対して適切な対策を施すためには、このような評価が重要となる。津波瓦礫については、流速や浮力の条件が満たされた際に漂流もしくは堆積する。数値計算上では、底面摩擦係数と付加質量係数³⁾によって表現され、さらに、津波瓦礫同士の衝突による斥力の扱いによって、特に遡上先端での堆積の様子が異なることが想定される。そこで、改めて計算パラメータの影響を検討するため、田島ら³⁾の水路実験によって得られた木片の挙動を再現するための計算パラメータの影響を検討した。昨年度検討した津波波源による挙動の違いに加えて、漂流条件の違いについても適切に考慮する必要がある。検討結果の一例を図 2-8-①-1 に示す。図 2-8-①-1 上図は、底面摩擦係数 μ の違い ($\mu=0.7, 0.1, 5.0$) を表しており、底面摩擦係数が小さい場合に、漂流物が遡上先端に集中することが確認でき、更に衝突による斥力により遡上先端よりも先に漂流物が放出される様子が確認できた。図 2-8-①-1 下図は、付加質量係数 C_m の違い ($C_m=2.5, 10$) を表しており、付加質量係数が小さい場合に、喫水深内に漂流物が入り、底面摩擦の影響が出始め引き波によって漂流物が離散的に滞留する様子が確認された。更に極端な影響評価として、斥力を考慮しない場合の違いについて図 2-8-①-2 に計算結果を示す。斥力を考慮しない場合は、それぞれの津波瓦礫が独立に漂流し喫水深内での堆積判定により極端に遡上端に堆積する様子が

確認された。防災上、過大な計算結果にも備える対策を行うことは一部適切である場合もあるが、極端な課題な対策は現実的ではなくなるため、津波災害防災に向けた適切な計算パラメータ適切な検討が重要であることが示された。

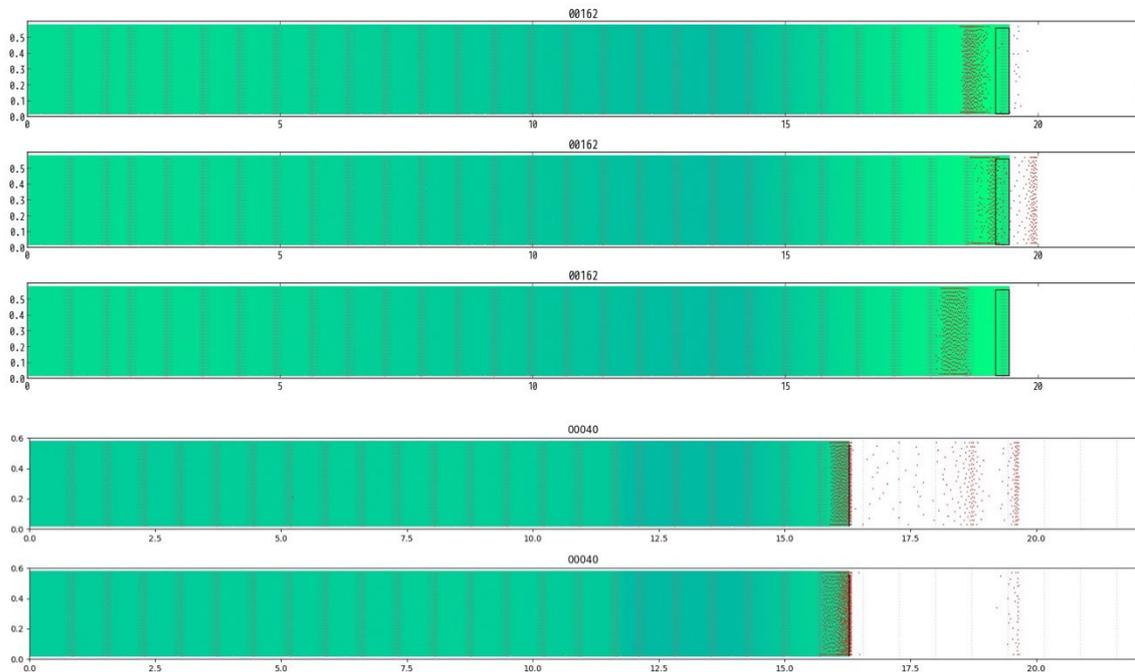


図 2-8-①-1 計算パラメータの違いによる漂流及び堆積の違い。上図は、底面摩擦係数 μ の違い ($\mu=0.7$ 、 0.1 、 5.0)、下図は、付加質量係数 C_m の違い ($C_m=2.5$ 、 10) を表す。

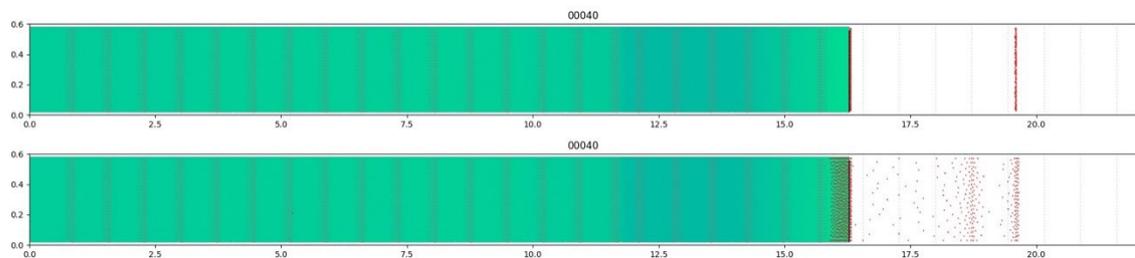


図 2-8-①-2 斥力を考慮しない場合の計算比較。

2) 延岡市市街地における津波瓦礫の集積・体積と水門開閉による津波氾濫に関する検討

a) 南部市街地における津波による木質瓦礫の集積・堆積に関する検討

延岡市南部中心市街地を流れる運河である浜川は、上流に立地している旭化成の化学製品向けの工業用水として利活用されている。当該運河には直立堤が設置されている箇所はあるが兩岸の天端高さを揃えるために設置されており、計画高水位を越える河川水位となる場合には、護岸高さを越え、直接市街地を氾濫することになる。この氾濫流により、市街地における木造建物の被害が懸念される。本業務では、波源断層モデルに内閣府 M9 クラスのモデルを用い、延岡市の南部地域中心市街地を対象として津波による木質がれきの集積・堆積についての検討を実施した。

i) 津波瓦礫の集積解析に資する諸データ整備

津波による木質瓦礫発生予測を行うために、内閣府の波源断層モデルによる浸水深分布、浸水域および浸水境界を基準とした遡上距離に対応する測線帯、建物属性判別とその推定瓦礫量、地形勾配のデータ整備を実施した（図 2-8-①-3）。建物形状と属性情報の整理については、国土地理院の基盤地図情報¹⁾の建物形状に都市計画基礎調査の建物属性情報を空間結合により追加して補正を行った。

本業務に用いた木造建物の津波被害関数を図 2-8-①-4 に示す。確率密度関数における平均と標準偏差は Imai et al. (2022)²⁾の方法で算出した。本図によると、おおよそ浸水深が 3m 程度で流失被害率が 50%に達することがわかる。本業務では流失被害率が 50%を越える場合に木造建物を流失と判定した。

木質瓦礫の発生量については、各波源断層モデルによる浸水深から木造家屋の被害率を算出し、各建物から排出される瓦礫量を推計した。建物瓦礫に含まれる可燃物量は、以下に設定した²⁾。

- ・ 固定可燃物量 最上階：150 kg/m²、途中階：60 kg/m²
- ・ 積載可燃物量 住宅系：27.5 kg/m²、業務施設：22.3 kg/m²

全ての普通建物は木造家屋とし、積載可燃物量は建物用途を住宅類として算出した。

津波浸水深分布は津波数値解析により評価した。内閣府（2012）の波源断層モデルとし、計算領域は千葉県から九州の太平洋沿岸を含む空間分解能 810m の大領域から延岡市周辺の 10m まで、段階的にネスティング処理を行った。陸上地形モデルには相当粗度モデルを用いた。図 2-8-①-5 に津波最大浸水深分布の一例に示す。本解析では図 2-8-①-5 で示す浸水深と設計被害関数により流失となる建物を特定し、流失建物の形状や階数から木質瓦礫体積を推定した。内閣府モデルのうち、最大の浸水域となる Case 11 では最大浸水深は 3m 程度、生じ得る木質瓦礫量は 100,193m³となった。2011 年東北沖地震における津波瓦礫の陸上打ち上げ量は家屋流失量のおおよそ 3~7 割程度になっていたため²⁾、本業務では 7 割が陸上に集積すると仮定した。なお、延岡市当該地域の瓦礫量は 1 平米当たり 0.015m³となり、2011 年東北沖地震における大槌町（0.54m³）のおおよそ 1/36 程度の瓦礫算出量である。

ii) 南部中心市街地における津波瓦礫の集積解析結果

図 2-8-①-6 は内閣府の波源断層モデル Case 11 における浸水境界に沿った 10m 間隔の測線帯の例を示す。浸水境界から汀線に向かって 10m 幅となるように測線帯を設け（図 2-8-①-6 左）、遡上境界から測線帯までの距離を定義した。図 2-8-①-6 右に任意位置における距離別建物の存在有無判別指標の例を示す。距離によって重み付けを行い、建物判別指標を評価している。瓦礫堆積量とその分布に関する簡易モデルの詳細については、既報³⁾を参照されたい。

図 2-8-①-7 に当該地域における内閣府モデル Case 11 における津波瓦礫堆積分布を示す。前述のとおり、市街地における津波浸水深分布は 3m 程度であり、木造建物流失量も比較的軽微であるため、10m メッシュ平均では数十センチの瓦礫厚程度で、目立った集積は生じないことがわかった。ただし、本業務では木造建物に焦点を絞った解析結果であり、自動車やコンテナなどの漂流による被害も十分考えられる。

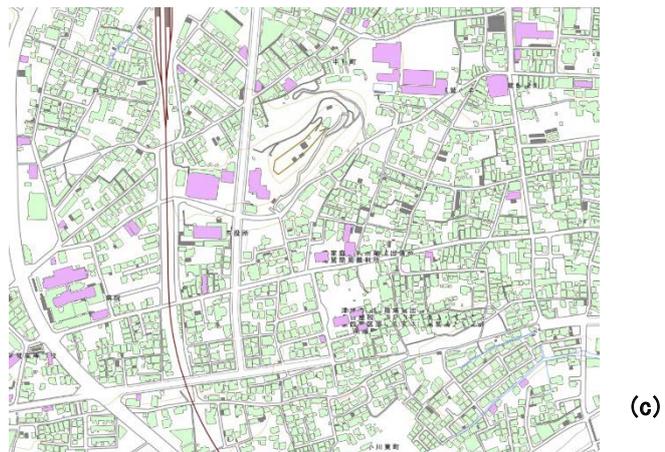
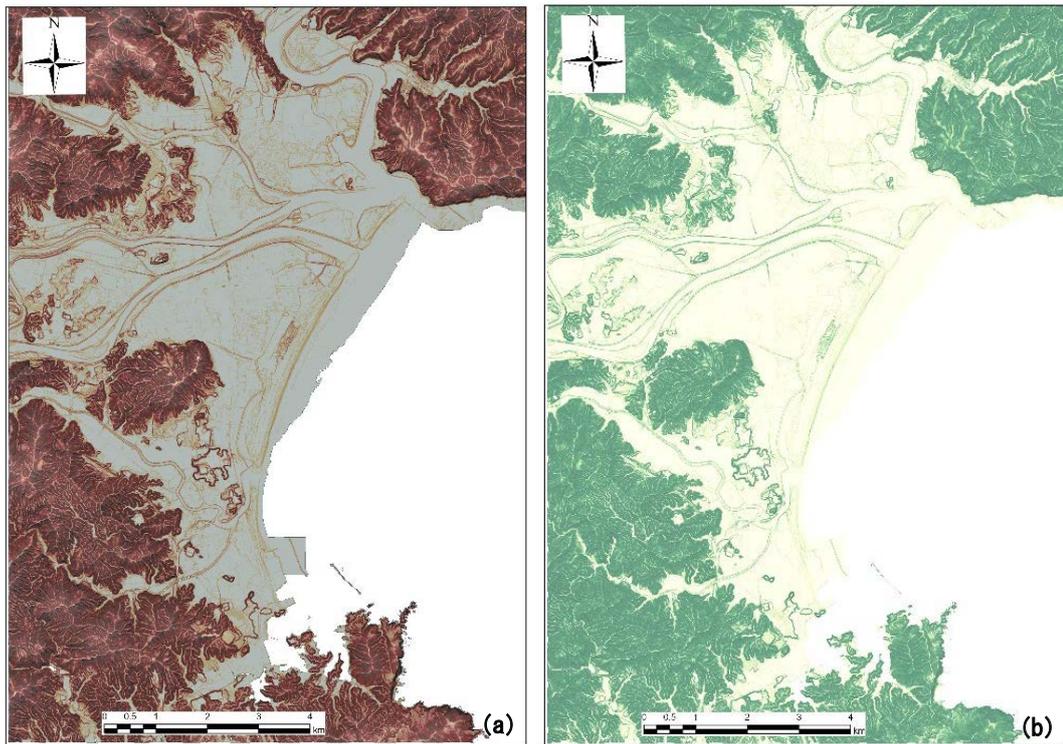


図 2-8-①-3 津波瓦礫予測に利用した土地情報関連データ。(a) 10m メッシュ標高図 (CS 立体図)。(b) 傾斜勾配図。(c) 木造建物と堅牢建物の分類例。普通建物 (緑)、堅牢建物 (紫)、無壁 (その他)。

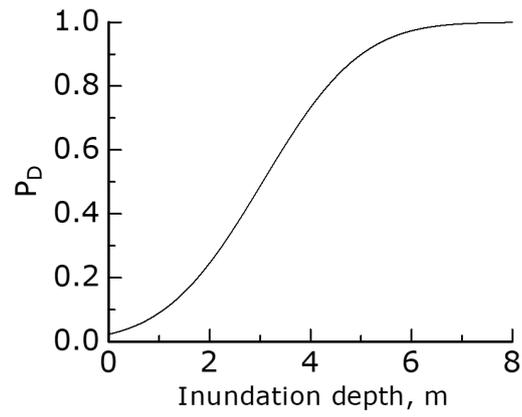


図 2-8-①-4 本業務で用いた津波による建物流失に関する設計被害関数²⁾

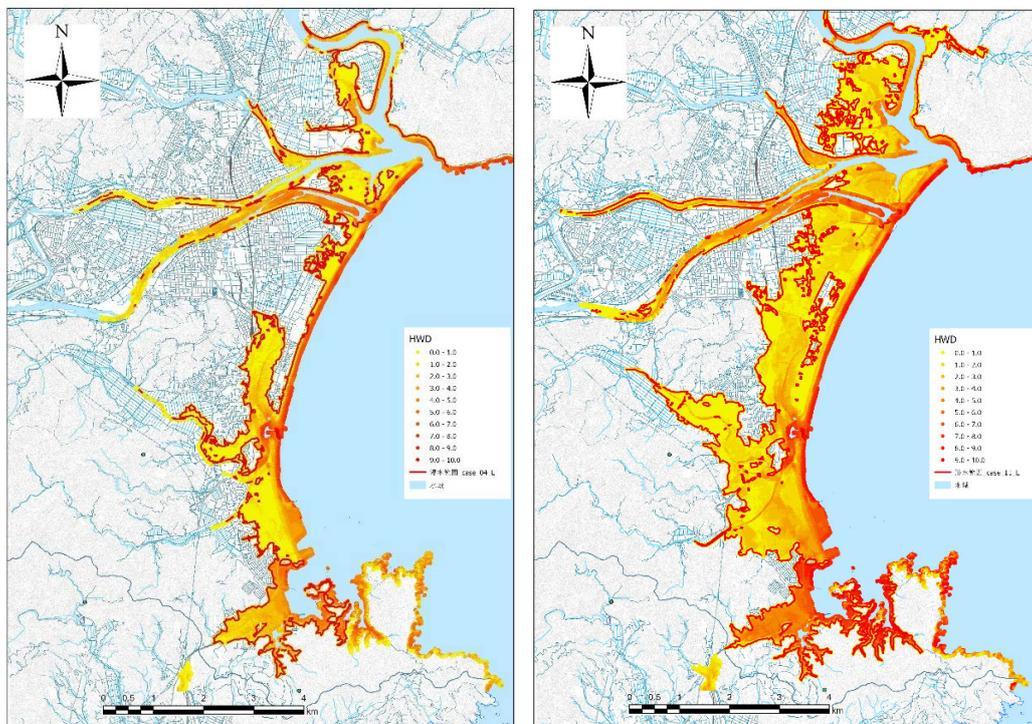


図 2-8-①-5 内閣府(2012)の波源断層モデルによる津波最大浸水深分布の一例。
(左) Case 4、(右) Case 11

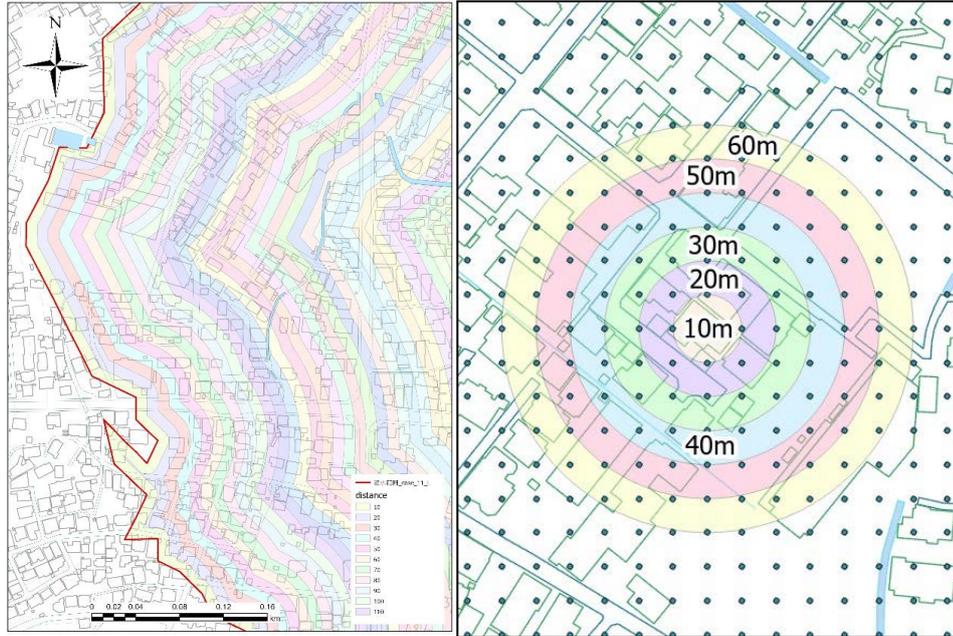


図 2-8-①-6 津波瓦礫の集積解析。(左) 浸水境界に沿った 10m 間隔の測線帯。(右) 距離別建物の存在有無判別

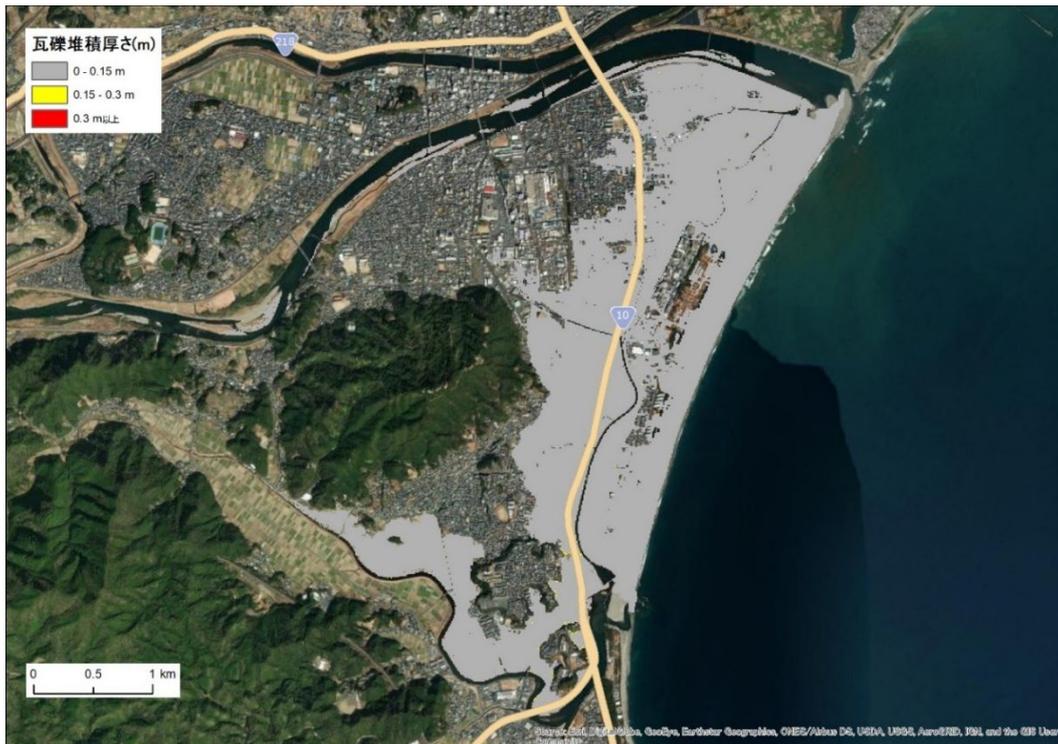


図 2-8-①-7 内閣府モデル Case 11 における津波瓦礫堆積分布

b) 北部市街地における水門・樋門の浸水抑制機能に関する検討

北部中心市街地は、五ヶ瀬川流域を中心に発展してきた。延岡市では、津波対策として、五ヶ瀬川流域のうち、大瀬川、五ヶ瀬川、祝子川、北川の河口には遠隔で開閉可能な水門・樋門が設置されている。本業務では M9 クラスの津波（内閣府モデル）に対する水門・樋門の浸水抑制機能について検討を行った。

i) 合成地形モデルの作成

本業務で利用した地形モデルは、内閣府 南海トラフの巨大地震モデル検討会データ（地形データ）と国土地理院 基盤地図情報（航空レーザー測量 5m メッシュ標高）を利用して作成した。合成地形モデルの建物占有率及び建物高さには平成 30 年度宮崎県都市計画基礎調査 GIS データを使用した。計算領域は空間分解能 810m から 10m においては、内閣府データからの提供データを使用した。延岡市北部市街地においては、空間分解能を 10/3m とし、水域は内閣府データ 10m と陸域は国土地理院による基盤地図情報 5m メッシュ標高を用いて線形内挿補間で構築した（図 2-8-①-8）。合成地形モデルに用いられる 10/3m メッシュの起伏地形標高は、地盤標高に建物ポリゴンの高さを加えて作成した（図 2-8-①-9）。建物高さは平成 30 年度宮崎県都市計画基礎調査 GIS データ の建物階数に 3m を乗じたものである、合成地形モデルデータの基礎となる建物情報は、延岡市の平成 30 年度宮崎県都市計画基礎調査 GIS データをポリゴン形式から 10/3m メッシュのラスター形式に変換したものである。作成した建物情報は建物用途、建物階数、建物構造である。合成地形モデルは建物占有率と起伏地形標高の組み合わせで構成される。建物占有率は、1 メッシュを占有する建物面積割合を 0～1（0～100%）で表現したパラメータであり、この該当メッシュでは建物の影響を低面摩擦で擬似的に表現するために必要となる。

ii) 海岸・河岸構造物および水門・樋門の諸元

海岸・河岸構造物情報データは線堤防として定義した。270m メッシュから 10m メッシュまでの天端高は内閣府提供データ⁴⁾を使用した。10/3m メッシュでは、国土地理院の 5m メッシュ⁵⁾、天端高は延岡市国土基本図 2500 分の 1 の堤防位置を参照して内閣府の値を按分して割り当てた。図 2-8-①-10 は五ヶ瀬川流域の海岸・河岸構造物および水門・樋門の分布図である。本業務では追内川水門、無鹿樋門、友内川水門、大武川水門と妙田樋門の開閉の影響を検討した。図 2-8-①-11 は各水門及び樋門周辺の地形図である。各水門の幅は 3.5～13.4m であるため、空間メッシュサイズは 3.5m 以下が必要になることがわかる。

iii) 津波氾濫解析条件

合成地形モデルを用いて延岡市における津波氾濫解析を行った。計算領域は波源を含む千葉県から九州の太平洋沿岸を含む空間分解能 810m の大領域から延岡市周辺の 10/3m まで、段階的にネスティング処理を行った。ここでの津波氾濫解析は内閣府モデルのうち、九州東岸に大きな影響を及ぼす Case 11 を対象とした。津波氾濫解析は、非線形長波理論に基づく平面二次元計算モデルを用い、波源域を含む沖合から沿岸遡上域までの計算を本モデルで実施した。地形データの格子形状は正方格子、座標系は世界測地系の平面直角座標第 2 系とした。

iv) 水門・樋門の開閉を考慮した津波氾濫解析

図2-8-①-12に水門・樋門の開閉を考慮した最大浸水深分布を示す。(a)は本業務で開閉を考慮した水門をすべて開けた場合、(b)は追内川水門のみ閉門、(c)は無鹿樋門のみ閉門、(d)は友内川水門のみ閉門、(e)は大武川水門のみ閉門、(f)は妙田樋門のみ閉門した場合である。図(a)と(b)の比較から、追内川水門を閉門したとしても、水門両岸から浸水が生じることから堤内地の浸水は免れることはできない。ただし、浸水域内の最大浸水深を若干であるが低減させる効果を確認することができる。図(a)と(c)の比較から、最大浸水深分布の変化を確認することができない。友内川北部に位置する無鹿樋門からの浸水はそもそも少ないためと考えられる。図(a)と(d)の比較から、追内川水門と同様に、友内川水門を閉門したとしても、水門両岸から浸水が生じることから堤内地の浸水は免れることはできないが、堤内地の浸水深分布の低減を確認することができる。大武川水門については、図(a)と(e)の比較から、浸水域内の最大浸水深を若干であるが低減させる効果を確認することができる。妙田樋門(図(f))については、水門開閉に関わらず最大浸水深分布の変化を確認することができない。妙田樋門を閉門したとしても、水門両岸から浸水が生じることから堤内地の浸水は免れることはできないことがわかる。

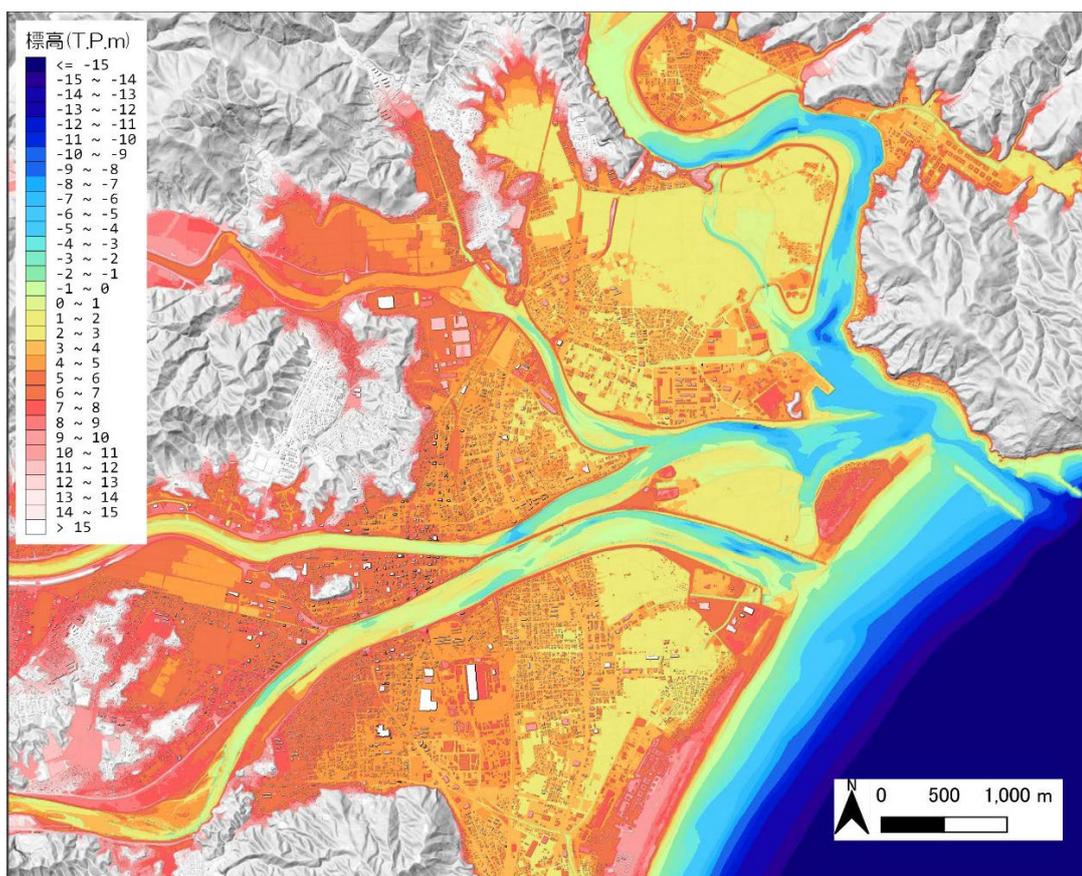


図2-8-①-8 地形モデル (10/3mメッシュ)

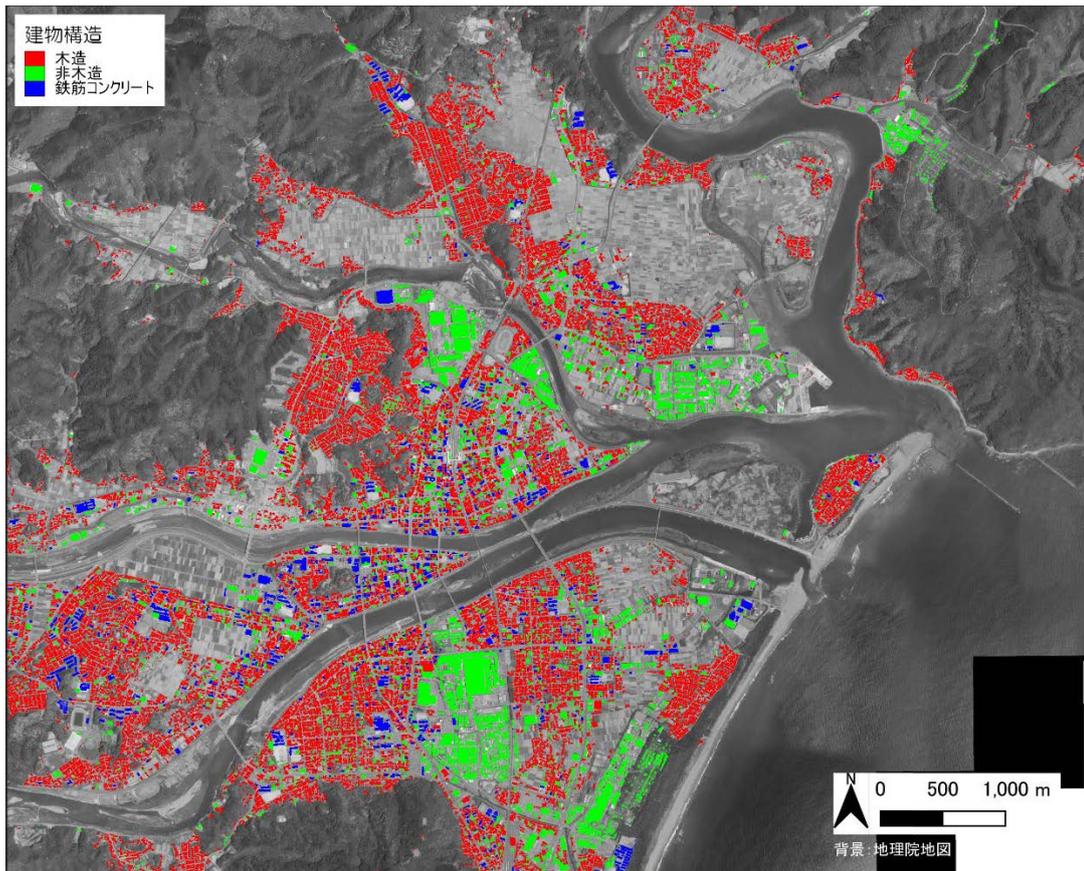


図 2 - 8 - ① - 9 合成地形モデルに用いた起伏地形 (10/3 m メッシュ)

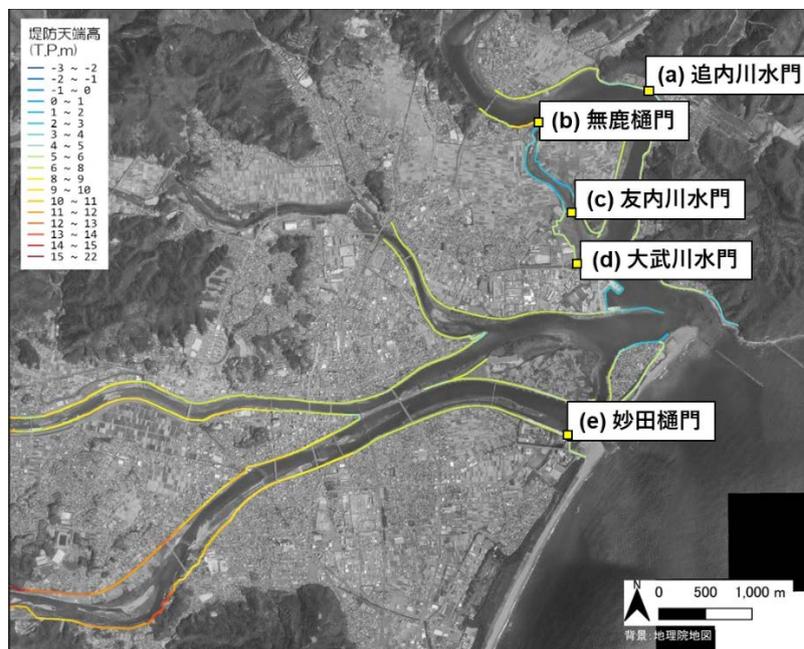
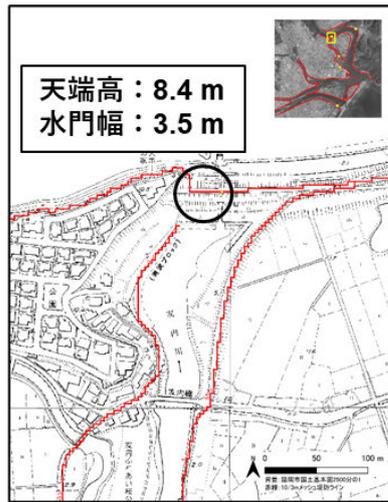


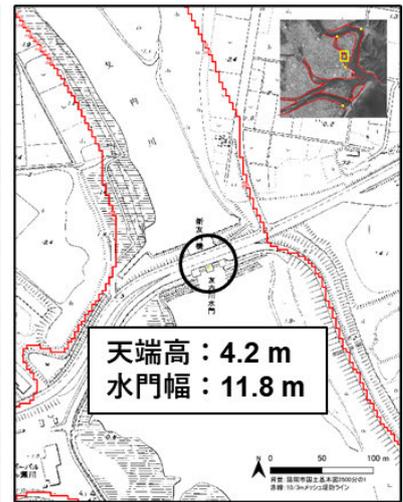
図 2 - 8 - ① - 10 海岸・河岸構造物および水門・樋門



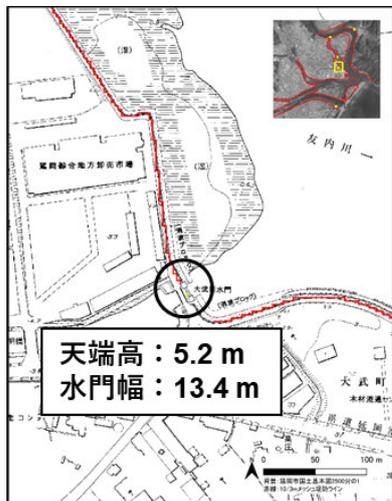
(a) 追内川水門



(b) 無鹿樋門



(c) 友内川水門

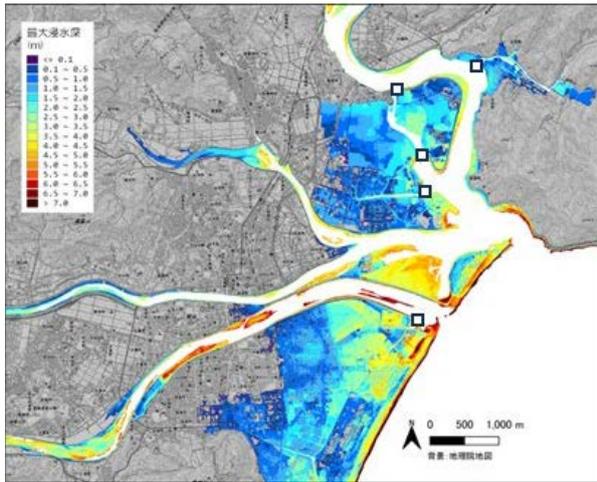


(d) 大武川水門

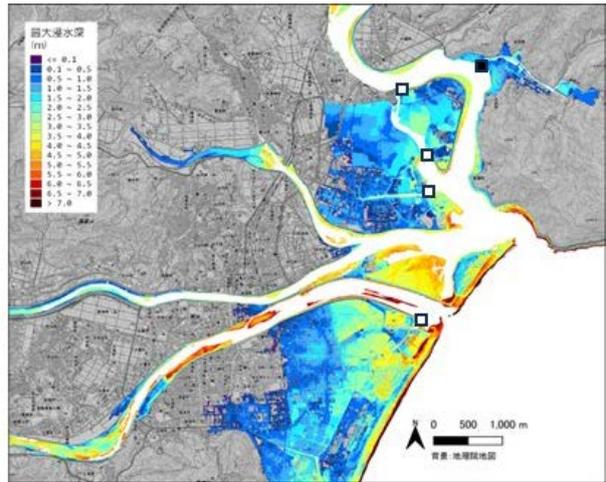


(e) 妙田樋門

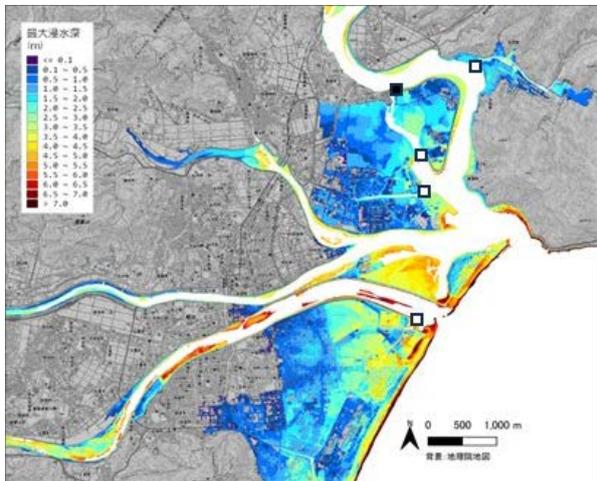
図 2 - 8 - ① - 11 各水門・樋門周辺の地形



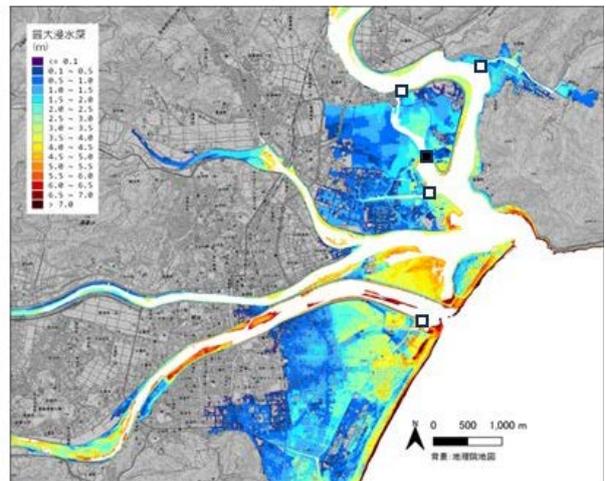
(a) 水門・樋門全開



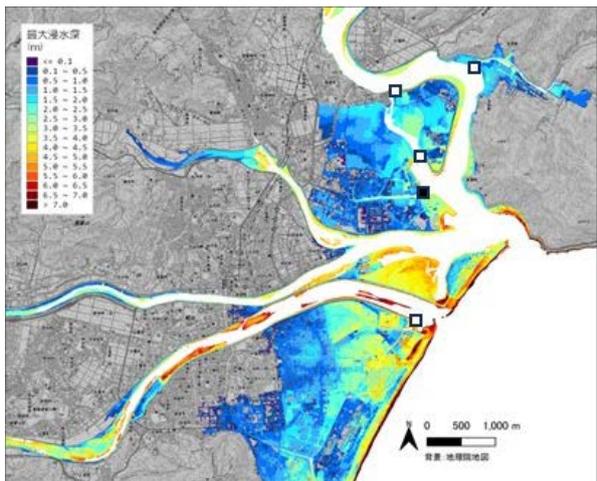
(b) 追内川水門閉



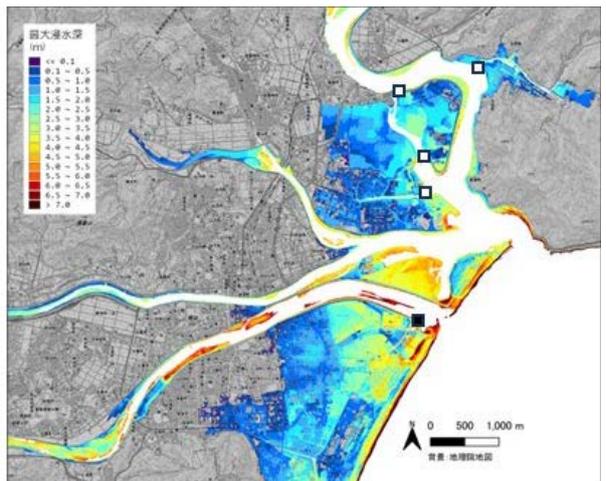
(c) 無鹿樋門閉



(d) 友内川水門閉



(e) 大武川水門閉



(f) 妙田樋門閉

図 2 - 8 - ① - 12 水門樋門開閉による最大浸水深分布の変化

3) 浅部地盤情報（軟弱土の弾塑性性状と地層不整形性）を考慮した地震被害予測

東京・大阪・名古屋などの大都市をはじめ、我が国の都市部のほとんどは堆積盆地上の軟弱な沖積平野に立地している。沖積平野には人口の 50%、資産の 75%が集中しており、南海トラフ巨大地震など、広帯域成分を有する長時間継続地震動が切迫する中、これら地域における精緻な地震被害予測とそれに基づく適切な対策は喫緊の重要課題である。堆積盆地（図 2-8-①-13）では、震源断層から発生する地震波が厚い堆積層で増幅されるとともに、地層不整形性に起因して盆地境界で表面波が生成・転換されて実体波と干渉するため、地表付近では長周期かつ長時間継続する揺れが生じる（ここで「長周期」は 2~20 秒程度の周期を指す）。内閣府はこれに対し、「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」の中で、高層建築物の長時間続く揺れや石油タンクのスロッシングなど、長周期の揺れと構造物の共振被害について公表している。しかし、この報告では長周期地震動が表層地盤被害に及ぼす影響が未検討な上、重要な見落としがある。つまり、堆積盆地内に存在する、沖積層と洪積層で構成される「小規模不整形性」の影響についてである。この小規模不整形性は、堆積盆地の不整形性と比べて幾何的規模がごく小さく、速度構造のコントラストが小さいため、固有周期が短いものの、堆積盆地と同様に、実体波の増幅、表面波の生成、表面波と実体波の増幅的干渉（エッジ効果¹⁾が生じ、規模や形状に応じて複雑な波動伝播特性を示す。加えて、やや長周期で長時間継続する揺れが顕著となるため、表層地盤の地震被害を拡大させる（「やや長周期」は 1~数秒程度の周期を指す）。しかし、現行の地震被害予測では、この小規模盆地内の地層不整形性に起因する揺れ増幅の影響が全く考慮されていない。

地層不整形性に起因する長周期地震動の一例として、能登半島沖地震（2024）では、東京・大阪・名古屋といった沖積平野上の大都市圏で特徴的な長周期の揺れが見られた。図 2-8-①-14 に示すように、地表面の最大加速度 PGA は、震源である能登半島沖から離れるほど距離減衰によって小さくなる。一方で、長周期地震動階級の分布については異なる傾向が見られる。本来であれば加速度と同様に、震源からの距離に応じて階級も下がっていくと考えられるが、先に述べた東京・大阪・名古屋の沖積平野においては、震源からの距離に反して、局所的に階級 2 の地震動を観測している。これらの地域で長周期地震動を観測した原因は、堆積盆地内での地震動増幅に加えて、端部の地層不整形性に起因して発生した表面波が影響していると考えられる。

さらに、強震動に対する表層地盤被害を精緻に予測するためには、浅部地盤に堆積する軟弱土が示す強非線形性を適切に考慮することが重要となる。しかし、地震学で発展してきた従前の強震動研究においては、サイト特性（地盤構造）の評価は、工学的基盤より上の表層地盤内での地震動の減衰・増幅特性のみに着目して弾性波動論に基づいて実施されており、浅部地盤の（塑性）変形や弾塑性地盤の複雑な強非線形応答までは考慮されていない。また、内閣府や各自治体が公表しているハザードマップでは、等価線形解析や非線形解析（全応力解析）が一通り実施されているものの、経験的な N 値とせん断波速度 V_s の関係式に基づく鉛直次元計算から地表震度や液状化危険度を求めており、家屋被害率や液状化後沈下量も経験式から算出するに留まっている。しかし、浅部に堆積する地盤材料は、地震波動を伝達する地殻や岩盤のような弾性材料ではなく、自ら地震に伴う繰返し荷重によって力学特性を複雑に変える弾塑性材料なのである。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、地震被害と言うと砂質地盤の不安定現象が注目されてきたが、過去の地震被害を精査すると、メチオカン地震（1985）、トルコ地震（1999）、ネパール地震（2015）等において、支持力低下による構造物の倒壊や地震後の沈下加速化など、粘性土地盤被害も報告されている。共通するのは、堆積盆地内で被害が発生し、粘性土が高含水比で軟弱な状態にあった点である。一般に沖積地盤の固有周期は、濃尾平野で3～4秒、大阪平野で4～6秒、関東平野で7～10秒と言われており、長周期地震動と共振することが危惧される。不整形地盤で生じる長周期・長時間継続の揺れは、地盤の変位を大きく、繰返し回数も多くする。古くは地震に対して「鈍感」と言われていた粘性土であっても、特に偏荷重を受ける場所（構造物直下や斜面など）では、大きな繰返しせん断によって地盤が乱され（地盤の固有周期が長くなり）、変位を一層大きくして、側方流動や滑り破壊、地震後の長期沈下被害をもたらす。しかしながら、従来の耐震診断では、N値ゼロやシルト分が主体である場合でさえ、「粘性土」と分類された途端、地震被害は発生しないと判定され、事実上、弾性体としてモデル化されることが多い。しかし、先述の通り、特に高含水比で軟弱な粘性土の場合、その弾塑性応答を地震被害予測に適切に組み込まないと、地震被害を過小評価してしまうことが危惧される。

そこで、来るべき南海トラフ巨大地震で甚大な被害が危惧される宮崎県延岡市を対象に、従来の地震被害予測で十分に考慮されてこなかった浅部地盤情報（「軟弱土の弾塑性性状」および「小規模地層不整形性」）を考慮した地震応答解析を実施し、地震被害の見過ごしや過小評価の有無など、既存の地震被害予測の問題点・課題を抽出することである。用いた解析コードは、粘土から砂、さらにはその中間土までの広範な土の力学挙動を統一的な枠組みで記述できる弾塑性構成式 **SYS** カムクレイモデル²⁾ を搭載した水～土骨格連成有限変形解析コード **GEOASIA**³⁾ である。

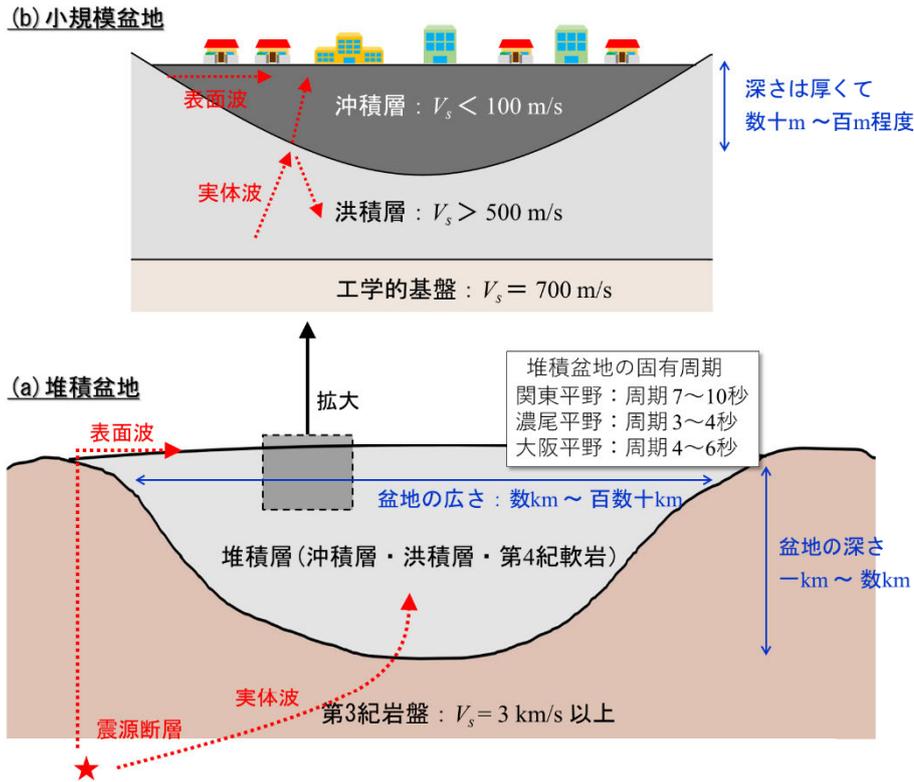
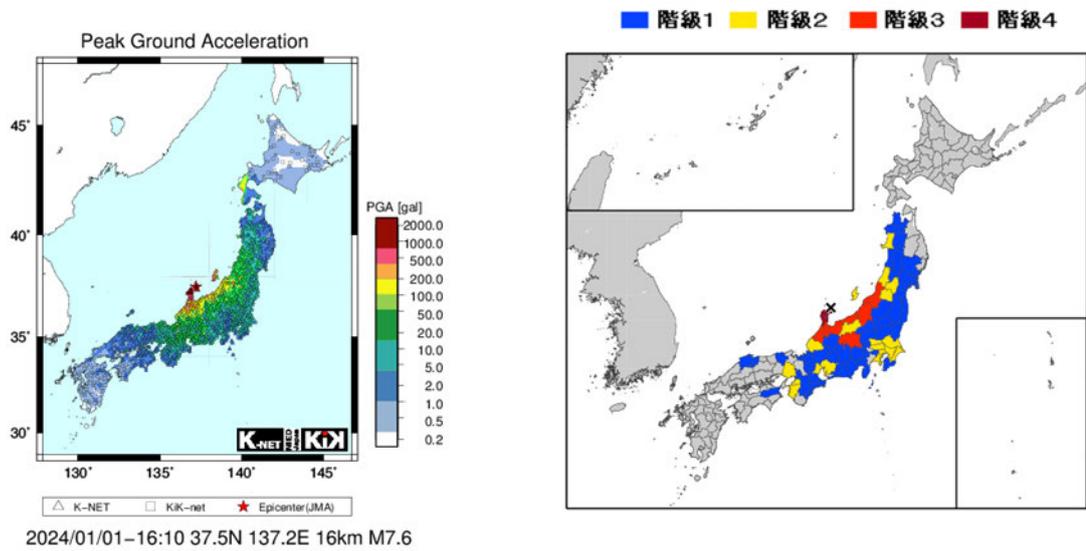


図 2 - 8 - ① - 13 堆積盆地と小規模不整形のイメージ図



(a) PGA 分布⁴⁾

(b) 長周期地震動階級分布⁵⁾

図 2 - 8 - ① - 14 能登半島沖地震における最大加速度分布・長周期地震動階級分布

a) 延岡市の地理的特徴と地質断面図

宮崎県延岡市は九州北西部の沿岸部に位置し、ちょうど海と山地に挟まれるような形になっている(図 2 - 8 - ① - 15)。西の山地から東に向かって流れる五ヶ瀬川・大瀬川によって形成された典型的な三角洲地帯に位置し、河口付近では複数の河川が合流する。図 2 - 8 - ① - 16 は延岡市周辺の液状化ハザードマップである。当該地域におい

では、南海トラフ地震によって震度6弱から6強が想定されているが、沿岸部と五ヶ瀬川・北川沿岸を中心として、山地を除く平野部のほぼ全域にわたって液状化危険度が非常に高い。三角州地帯は河川からの流入土砂が堆積してできた地形であるため、高含水比で軟弱な状態にあることが想像される。

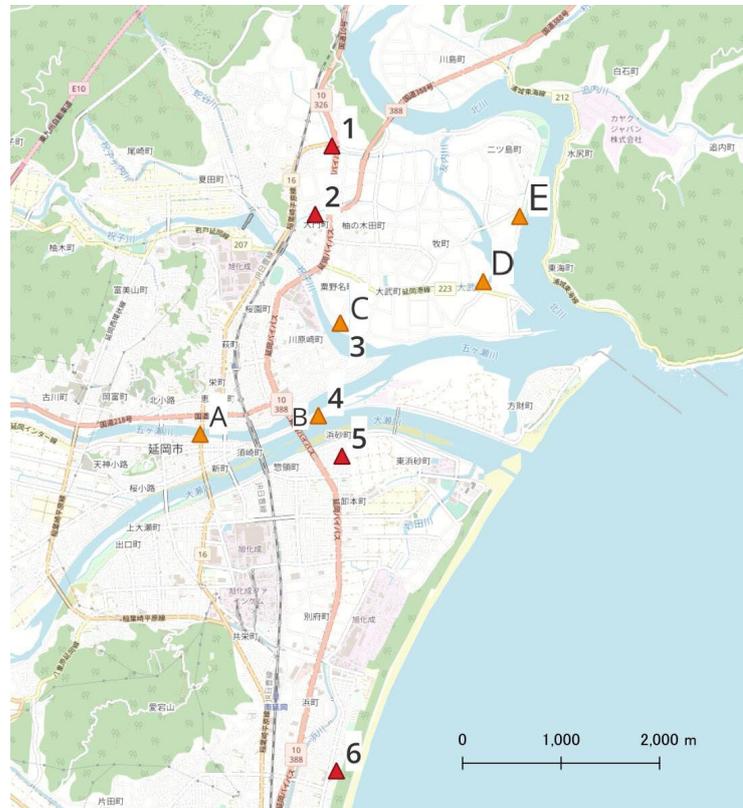


図 2-8-①-15 延岡市の地図と地層構成把握に用いたボーリング地点

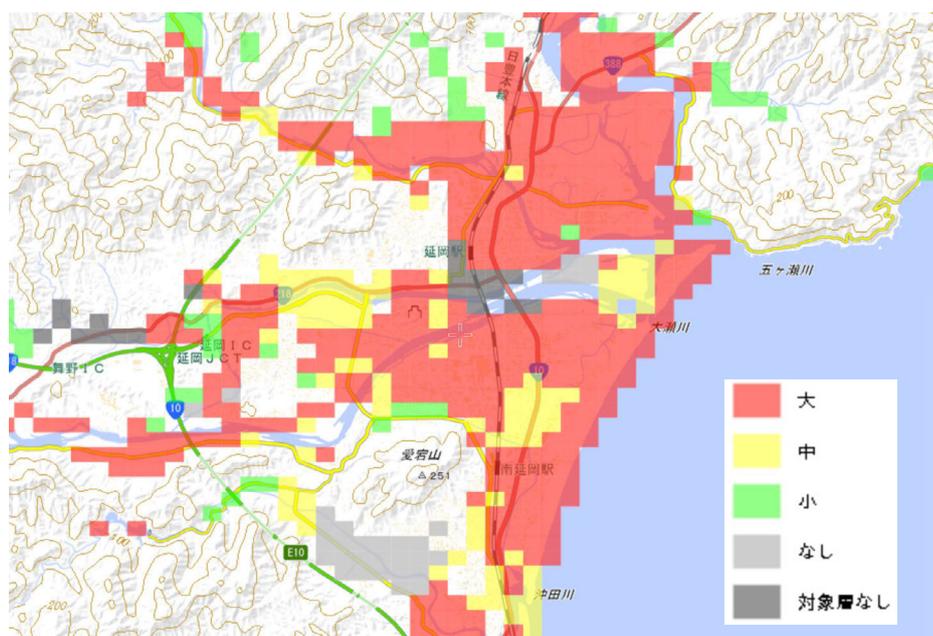


図 2-8-①-16 延岡市の液状化ハザードマップ⁶⁾

延岡地盤の地層構成を把握するために、延岡市内で実施されたボーリングデータを収集した。図2-8-①-15内の地点1～6の情報をもとに南北断面(図2-8-①-17)を、地点A～Eの情報をもとに東西断面(図2-8-①-18)を作成した。地層断面図は複数のボーリングデータの情報をもとに、物性やN値分布から同一だと想定される層を特定し、現地の地盤工学的特徴を残しつつもできるだけ単純化することを心がけて作成した。延岡地盤は、(場所によっては連続していないが)基本的には浅部から、沖積砂As1、沖積礫Ag1、沖積砂As2、沖積粘土Am1、沖積砂As3、沖積粘土Am2が堆積しており、その下にはN値が50を超える硬質な洪積基盤層が存在する。図2-8-①-17の南北断面を見ると、凹形状の洪積基盤の上部に沖積土が堆積する「盆地不整形性」を形成している。五ヶ瀬川・大瀬川で形成される中州地帯で沖積層が厚くなっている。表層付近は砂と礫の互層が支配的だが、この盆地内には沖積粘土層が厚く堆積している。一方、図2-8-①-18の東西断面を見ると、洪積基盤層は西から東に沈み込む「傾斜不整形性」を形成している。市中央部の中州地帯を横切るように断面を選定しているため、沖積粘土層が深部に介在している。基盤こそ傾斜しているものの、各層は水平成層に近い状態で堆積している。

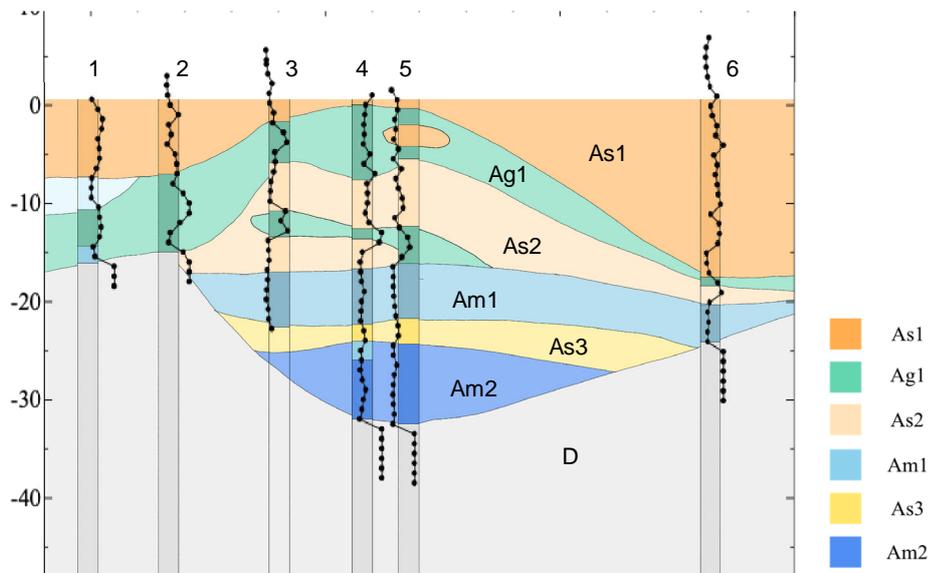


図2-8-①-17 延岡地盤における南北方向の地層断面図

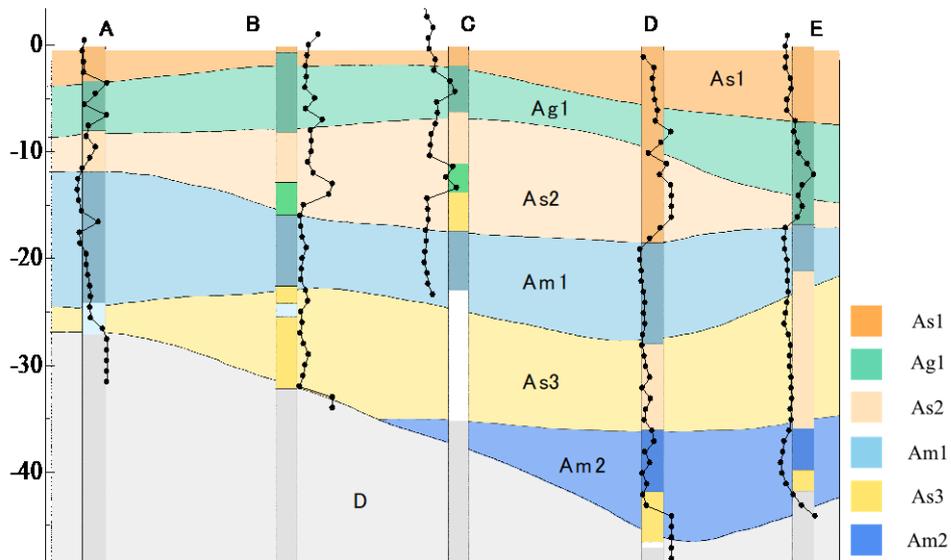


図 2 - 8 - ① - 18 延岡地盤における東西方向の地層断面図

b) 延岡市の物理特性と地盤の弾塑性性状の推定

続いて、各土質の状態を把握するために層ごとのN値分布を調べた。複数のボーリングデータをもとに作成した土層ごとのヒストグラムを図2-8-①-19に、その情報をもとに作成したN値の代表値・ばらつき評価を表2-8-①-1に示す。ヒストグラムの階級については、スタージェスの公式を用いてN値のデータ数から決定している。これは、階級の幅が最頻値の値を左右するためである。表2-8-①-1内の水色領域に示すN値の代表値については、異常値を除外した上で算出した。なお、平均値-標準偏差×0.5という指標は、設計N値を算出する際に変動係数>0.2とばらつきが大きい場合にしばしば用いられる方法である。本研究では、安全側評価という意図で代表値としては「最頻値」を用いることとした。

スタージェスの公式 階級数の数 = $1 + \log_2 n$ (nはデータの個数)

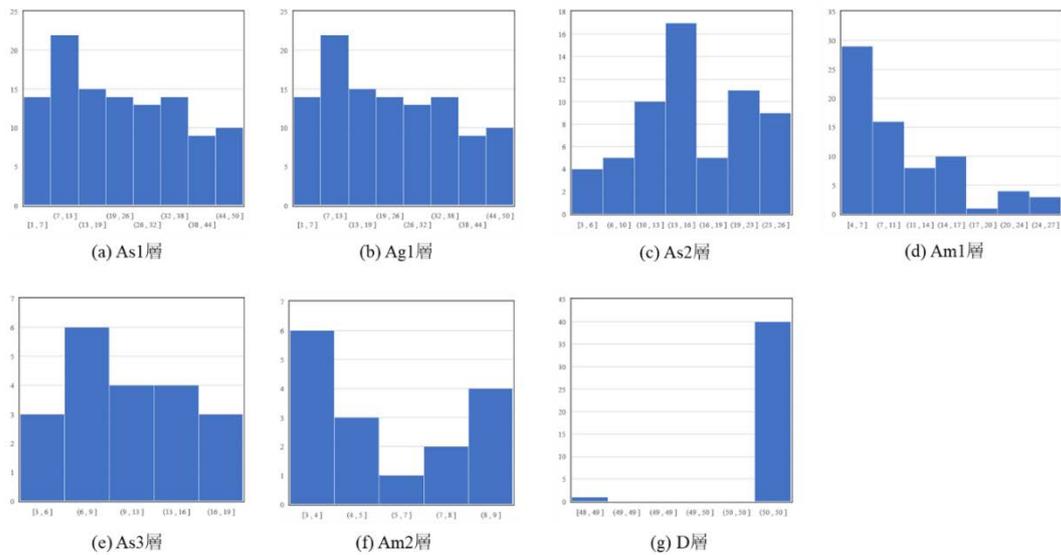


図 2-8-①-19 各土層の N 値のヒストグラム

表 2-8-①-1 各土層の N 値の代表値とばらつき

	As1	Ag1	As2	Am1	As3	Am2	D
データ数	111	65	61	71	20	16	41
平均値	23.12	27.08	15.56	10.49	10.85	5.69	50.05
中央値	23.00	23.00	15.00	9.00	10.50	5.00	50.05
Ave-0.5 σ	16.26	20.78	12.75	7.77	8.87	4.64	49.49
最頻値	10.18	13.90	14.41	5.69	8.33	3.67	50.10
標準偏差	13.72	12.60	5.61	5.44	3.96	2.10	1.13
変動係数	0.59	0.47	0.36	0.52	0.37	0.37	0.02

続いて、各土層の物理試験結果を表 2-8-①-2 に示す。物理試験結果は限られた地点でしか行われていなかったため、すべての土層の試験結果が得られた地点 E を代表値として用いた。延岡地盤で特徴的な物理特性としては、Am1、Am2 層は細粒分含有率が 90%程度と細粒分を多く含んでいるが、粘土分に比べてシルト分が多く、粒径の比較的大きいシルト質粘性土であること、As2、As3 は沖積砂に分類されるが、ともに細粒分含有率が 30%程度と細粒分も多く含んでいることが分かる。

表 2-8-①-2 各土層の物理特性 (地点 E)

	As1	Ag1	As2	Am1	As3	Am2	D
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.678	2.684	2.613	2.554	2.655	2.563	2.697
自然含水比 w_n (%)	20.5	5.1	43.1	42.7	26	34.2	3.7
平均粒径 D_{50} (mm)	0.532	5.008	0.250	0.012	0.202	0.016	9.384
20% 粒径 D_{20} (mm)	0.274	0.663	0.060	0.002		0.002	0.829
10% 粒径 D_{10} (mm)	0.114						0.199
礫分含有率 (%)	9.8	68.8	0.8	0.2	0.5	0.0	74.1
砂分含有率 (%)	81.9	22.0	62.2	4.8	71.9	14.0	19.1
シルト分含有率 (%)			37.0	58.1		55.1	
粘土分含有率 F_{clay} (%)				36.9		30.9	
細粒分含有率 F_c (%)	8.3	9.3	37.0	95.0	27.6	86.0	6.8
均等係数	5.4						55.5
液性限界 w_L (%)	NP	NP	NP	39.3	NP	30.3	NP
塑性限界 w_p (%)	NP	NP	NP	26.7	NP	21.3	NP
塑性指数 I_p	NP	NP	NP	12.3	NP	9	NP

最後に、延岡地盤の各土層の特徴は以下の表 2-8-①-3 のとおりである。

表 2-8-①-3 延岡地盤における各土層の特徴

土質区分	代表 N	特徴
As1	10.18	砂分が支配的な典型的な砂質土。N 値も小さく液状化危険度は高い。
Ag1	13.90	礫分に若干の砂が混入した砂礫土。礫質土にしては N 値が小さい。
As2	14.41	シルト分が 40% を占めるシルト質砂。表層 As1 に比べると細粒分も多く N 値も大きいので、液状化抵抗は比較的大きい。
Am1	5.69	細粒分含有率の大きいシルト。N 値は下層 Am2 に比べると大きい。
As3	8.33	細粒分の混入した細粒分質砂。細粒分は多めだが、N 値は比較的小さい。
Am2	3.67	Am1 と似たシルト。Am1 と比べると砂分が多いにもかかわらず N 値が小さいため、軟弱な状態だと推定される。
D	50.10	礫分が主体。N 値は大きく強固。

地震応答解析を行うにあたって、解析に必要な入力パラメータ（弾塑性パラメータ、発展則パラメータ、初期値）が必要となる。これらパラメータを精緻に決定するためには、現地で採取した不攪乱試料の力学試験結果が必要となるが、力学試験が実施されて

いることは稀であり、今回の対象地域でも入手することができなかった。そこで本研究では、原位置で実施したボーリングデータおよび物理試験結果から必要となる入力パラメータを推定する手法を用いた⁷⁾。

i) 材料定数の決定方法

(ア) 材料定数 (カムクレイパラメータ、発展則パラメータ) は物理試験結果から推定する。

(イ) 層ごとに収集した物理試験結果から異常値を除外して算術平均を計算する。

(ウ) 今回は複数地点での物理試験結果が得られなかったため基本的には1地点で計算。推定式を用いて推定する。

ii) 初期値の決定方法

(ア) 初期値は層ごとのN値の代表値から推定する。

(イ) 代表値としては、①平均値、②異常値を除外した平均値、③平均値－標準偏差×0.5 (変動係数>0.2 とばらつきが大きい場合)、④中央値、⑤最頻値などが挙げられるが、本研究では⑤を用いる。

(ウ) 異常値を除外したうえで、N値のヒストグラムを描く。最頻値をN値の代表値とする。

(エ) 推定式を用いて推定する。

推定モデルを用いて決定した延岡地盤の弾塑性性状の一覧を表2-8-①-4に示す。なお、D層では推定モデルは用いておらず、典型的な洪積基盤のパラメータを利用した。

表2-8-①-4 延岡地盤の弾塑性性状一覧

	As1	Ag	As2	Am1	As3	Am2
Elasto-plastic parameter						
Critical state index M	1.13	1.14	1.25	1.48	1.21	1.4
Intercept of NCL at $p'=98\text{kPa}$ N	1.68	1.69	2.01	2.06	1.90	1.96
Compression index $\tilde{\lambda}$	5.10×10^{-2}	5.40×10^{-2}	1.23×10^{-1}	1.35×10^{-1}	9.90×10^{-2}	1.13×10^{-1}
Swelling index $\tilde{\kappa}$	5.10×10^{-3}	5.40×10^{-3}	1.23×10^{-2}	1.35×10^{-2}	9.90×10^{-3}	1.13×10^{-2}
Poisson's ratio ν	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Evolution parameter						
Degradation index of structure a	7.18	6.89	1.83	0.224	3.32	7.18
Ratio between $-D_v^p$ & $\ D_s^p\ $ c_s	0.993	0.991	0.835	0.406	0.927	0.993
Degradation index of OC m	0.151	0.159	0.833	0.116	0.397	0.151
Rotational hardening index br	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Limit of rotational hardening m_b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Initial condition						
Stress ratio η_0	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545
Degree of structure $1/R_0^*$	2.170	2.273	3.257	3.905	3.552	4.576
Degree of OC $1/R_0$	23.301	22.507	29.580	1.739	21.575	2.086
Degree of anisotropy ζ_0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Soil particle density ρ_s (g/cm ³)	2.68	2.68	2.61	2.55	2.66	2.56
Mass permeability index k (cm/s)	1.67×10^{-3}	1.37×10^{-3}	4.49×10^{-5}	5.41×10^{-7}	1.51×10^{-4}	5.41×10^{-7}

c) 延岡地盤で想定される入力地震動

延岡市で想定される4種類の入力地震動を用いて地震応答解析を実施する。なお、設計用地震動や公開想定地震波は、一般的に工学的基盤面（せん断波速度 $V_s = 700 \text{ m/s}$ ）での入力地震動となっている。一方、本研究モデルの最下端はせん断波速度 $V_s = 600 \text{ m/s}$ となっているため、公開されている入力地震動の振幅を補正する必要がある。本研究では、以下の補正式⁸⁾⁹⁾を用いて、加速度振幅を調整した。下式を用いると、 $V_s = 700 \text{ m/s}$ と $V_s = 600 \text{ m/s}$ 間での増幅度比率は 1.1 となるので、解析には公開されている加速度データを 1.1 倍にして入力した。以下に示す加速度データはこの補正を行った数値である。

$$A_v = 170 \times V_s^{-0.6} \quad (V_s < 1100 \text{ m/s})$$

$$A_v = 2.5 \quad (V_s \geq 1100 \text{ m/s})$$

本研究で用いる入力地震動の一覧を表 2-8-①-5 に示す。各地震動の詳細は以下で説明する。

表 2-8-①-5 入力地震動の一覧

名称	想定する地震	特徴
L1	港湾を対象とした地震動	L1 地震動
L2-S	想定南海トラフ地震動 (2012)	短周期卓越 (長周期を含まない)
L2-L	想定南海トラフ地震動 (2015)	長周期卓越 (短周期を含まない)
L2-W	想定南海トラフ地震動 (合成波)	L2-S と L2-L を合成 (広帯域)

i) L1 地震動¹⁰⁾

L1 地震動は比較的頻繁に起こる地震であり、L1 地震動に対しては、建設物がその性能を保持するような耐震性を持つよう設計することが求められている。本研究で使用する L1 地震動は、国土交通省国土技術政策総合研究所が公開している「レベル 1 地震動 (地方港湾)」のうち、解析対象地域に近い延岡港のデータを用いた。図 2-8-①-20 に加速度の時刻歴とフーリエ振幅スペクトルを示す。最大加速度は 1 m/s^2 程度と小さく、卓越周期も 2 秒以下と短周期成分が卓越している。以降、この地震動を L1 と称する。

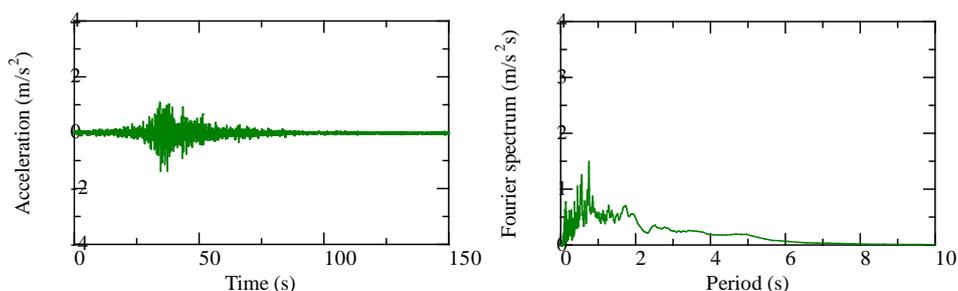


図 2-8-①-20 L1 地震動

ii) 想定南海トラフ地震動 (2012) ¹¹⁾

内閣府の南海トラフ巨大地震モデル検討会は、2012年に南海トラフ地震の想定地震動として各地の工学的基盤での地震波形を公開した。そこで、本研究では解析対象地域におけるこの想定南海トラフ地震動をL2地震動の1つとして用いることとした。図2-8-①-21に加速度の時刻歴とフーリエ振幅スペクトルを示す。EW方向、NS方向ともに最大加速度は4.0m/s²と大きく、継続時間も長い。一方、フーリエ振幅スペクトルを見ると、高層建築物や軟弱堆積土への影響が懸念されている長周期成分をほとんど含まないことがわかる。以降、この地震動をL2-Sと称する(Sは短周期卓越を意味したShortの頭文字)。

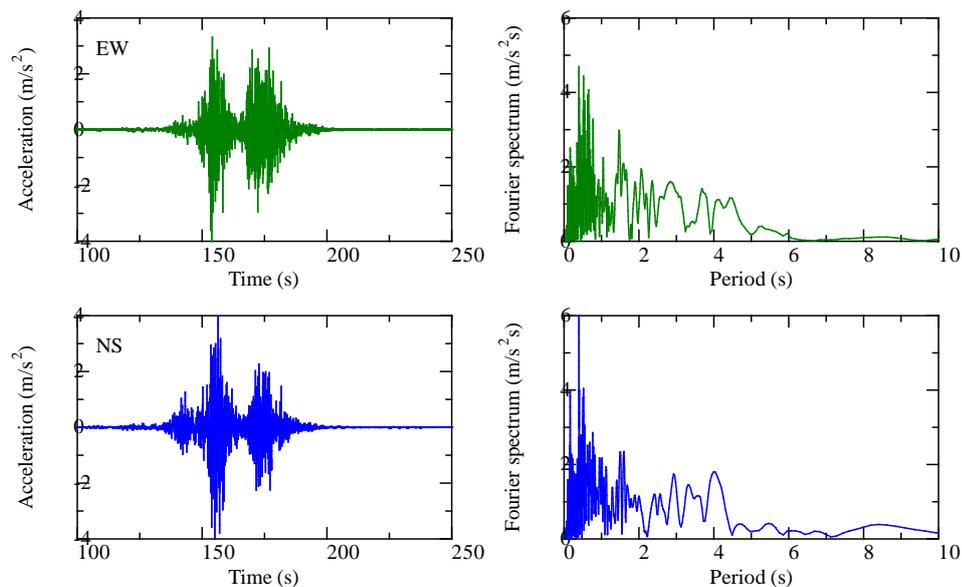


図2-8-①-21 L2-S地震動

iii) 想定南海トラフ地震動 (2015) ¹²⁾

内閣府の南海トラフの巨大地震モデル検討会及び首都直下地震モデル検討会は、2015年に長周期地震動データを公開した。これは序論でも述べたように、固有周期の大きい高層ビルや石油タンクの共振被害を検討することを目的に、3.2とは異なる震源断層モデルを用いて推定した。延岡市周辺における想定地震動の加速度時刻歴とフーリエ振幅スペクトルを図2-8-①-22に示す。なお、公開データには、地震種別6種(宝永地震、安政東海地震、安政南海地震、昭和南海地震、昭和東南海地震、最大クラスの地震)と大きさ3種(max(最大)、mid(中間)、min(最小))が公開されているが、本研究では最も地震動が大きいと想定される最大クラスの地震動・max(最大)のデータを利用した。なお、この想定地震動では、2~10秒のバンドパスフィルタ処理を施した波形が公開されており、短周期成分を含まない。図から明らかなように、2秒以上の長周期成分を多く含む一方で、最大加速度は1.0 m/s²程度と非常に小さい。EW方向とNS方向で比較すると、4秒以上の周期帯についてよく似ているが、EW方向は2秒付近の成分が卓越しているのに対して、NS方向はその程度が非常に小さいことがわかる。以降、この地震動をL2-Lと称する(Lは長周期卓越を意味したLongの頭文字)。

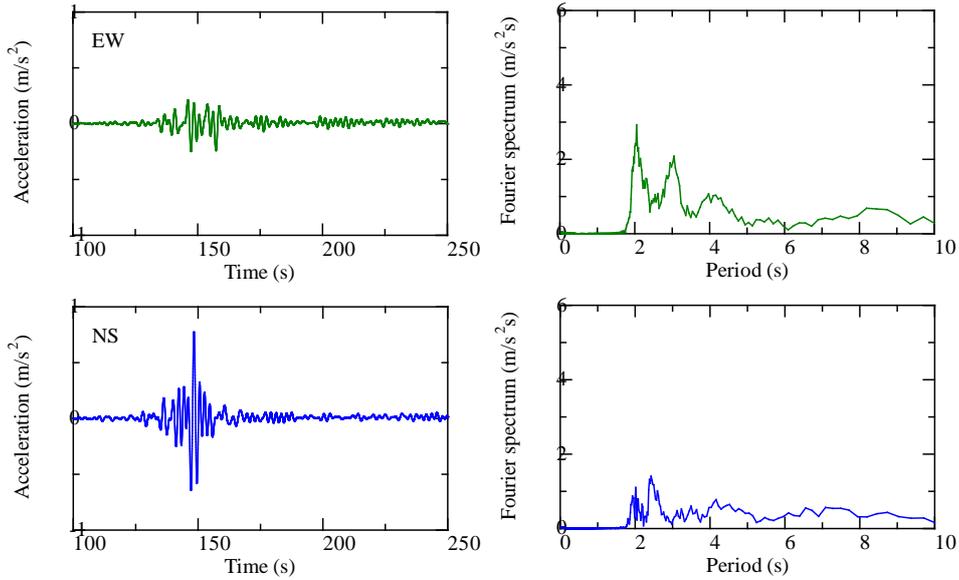


図 2 - 8 - ① - 22 L2-L 地震動

iv) 想定南海トラフ地震動（合成波）

L2-S は長周期成分を含んでおらず、L2-L は短周期成分を含んでいないことが分かった。そこでもっとも危険な地震動を想定して、両地震層をハイブリッド合成¹³⁾した広帯域の想定南海トラフ地震動を作成した。この地震動は2つの地震動をフーリエ変換し、周波数領域で合成した後で、逆フーリエ変換した波形である。周期2秒未満についてはL2-Sを、3秒以上についてはL2-Lの加速度振幅とし、2～3秒については線形的に割合を変えながら足し合わせた。図2-8-①-23に加速度の時刻歴とフーリエ振幅スペクトルを示す。加速度履歴を見ると、図2-8-①-21で示すL2-S地震動と大差ないように見えるが、フーリエ振幅スペクトルを見ると、短周期から長周期成分まで広帯域にわたる成分を有する地震動であることが分かる。以降、この地震動をL2-Wと称する（Wは広帯域を意味したWideの頭文字）。

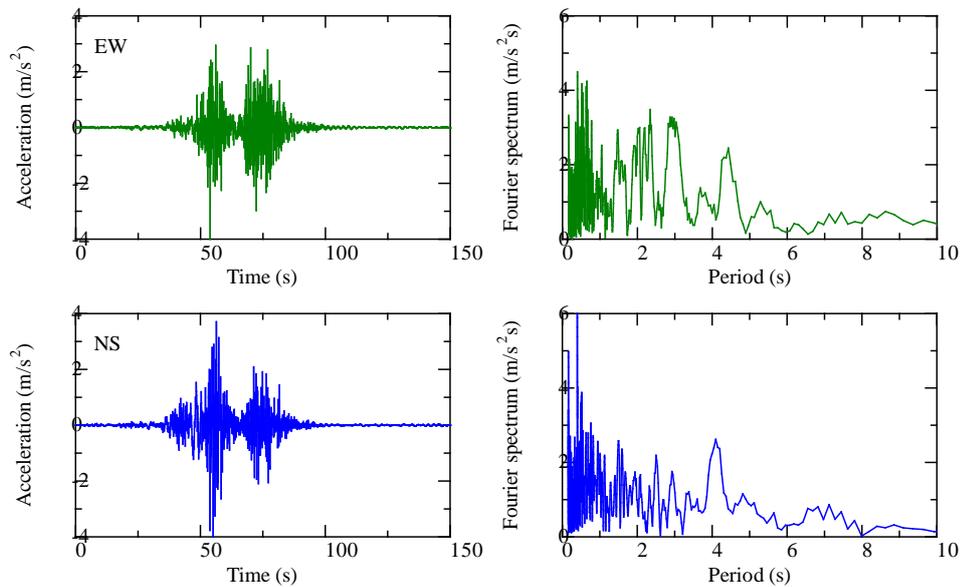


図 2 - 8 - ① - 23 L2-W 地震動

d) 軟弱土の弾塑性性状の影響評価（一次元解析）

浅部地盤情報のうち特に「軟弱土の弾塑性性状」に着目し、異なる地震動が入力されたときの地震被害の違いを検討する。沖積層が厚く堆積する地点4（図2-8-①-15参照）を代表地点に選定した。地層不整形性の影響を排除するため、ここでは特徴的な地点に対して GEOASIA による一次元解析を実施する。縦50要素、一辺1メートルの正方形メッシュを用いた。側面に周期境界を設けているため、水平方向に水平成層地盤が続いている状態を模擬している。入力地震動は前章の4種類の地震動（L1、L2-S、L2-L、L2-W）で、底面に $V_s=600$ m/s の粘性境界⁵⁾を設け、水平方向に入力した。

i) FL 判定

図2-8-①-24には現在一般的に用いられるFL法による液状化判定結果を示す（図中左の結果がL1地震動、右がL2海溝型地震動）。液状化安全率FLが1以下の場合（図中の赤色）は液状化することを意味する。なお、FL判定は表層から20m以深は液状化判定の対象外（液状化しない）であるため、表層から20mまでの結果が示されている。L1地震動の場合、表層のAs1およびAg1層で液状化すると判定される。延岡地盤は表層砂質土が軟弱な状態にあるため、L1地震動であっても軽微な液状化を生じる危険性がある。一方、L2地震動の場合、地盤全域にわたってFL値が1以下となり、広域的な液状化被害が発生すると判定される。

ii) L1地震

同地点を対象にL1地震動を入力した場合の地震応答解析結果をまとめて図2-8-①-25に示す。(a)は地表面変状を表しており、左から加速度応答（赤色が入力、緑色が地表観測）、水平変位、鉛直変位である。(b)は平均有効応力低下率の時刻歴変化である。平均有効応力低下率とは、地盤内拘束力の低下の程度を表す指標であり、0から増加するほど拘束力が低下して地盤剛性が減少したことを意味する。1.0に達すると拘束力がゼロとなって液状化したことを意味する。(c)はせん断ひずみの時刻歴変化である。有効応力低下率を見ると、表層付近のAs1およびAg1層で低下するが、深部地盤では変化がない。FL判定においても、表層のAs1およびAg1層で液状化すると判定されており、地震応答解析結果とFL判定結果は整合的である。地盤被害に目を向けると、地盤内のせん断ひずみはほとんど発生しておらず、地表面の揺れ（水平変位）も小さい。表層で軽微な液状化は発生するかもしれないが、L1地震動の場合、地震被害ほとんど発生しないことが分かる。

iii) L2-S (EW) 地震

L2-S地震動のEW成分を入力した場合の地震応答解析結果を図2-8-①-26に示す。出力内容は図2-8-①-25と同じである。平均有効応力低下率を見ると、最初の主要動付近で表層のAs1とAg1層で低下した後、遅れて深部のAs2~Am2層でも有効応力が低下する（剛性が低下する）。図2-8-①-24のFL判定結果を見ても、L2地震動の場合は液状化対象層全域で液状化すると判定されており、地震応答解析結果とFL

判定結果は類似の傾向にある。ただし、地震応答解析結果では、FL法における液状化判定の対象外である深部の Am2 や As3 層でも有効応力が低下しており、従来法では考慮できない現象が観測されている。地震被害に目を向けると、せん断ひずみは地表の As1 でやや大きく、地震後も残留する。また、地表面での最大加速度は 10.0 m/s^2 程度と非常に大きく、地表の揺れも最大で 0.4m 程度となる。ただし、地震後に水平変位はほとんど残留しない。

iv) L2-L (EW) 地震

L2-L 地震動の EW 成分を入力した場合の地震応答解析結果を図 2-8-①-27 に示す。入力加速度は最大で 1.0m/s^2 程度と非常に小さいにもかかわらず、地震中に地盤内の平均有効応力がかなり低下する。表層の As1 層と Ag1 層に加えて、深部のシルト層である Am1 と Am2 で低下するのが特徴的である。地表面の揺れ（水平変位）を見ると、最大で 0.5m 程度と先の L2-S 地震動以上に大きい。せん断ひずみ分布を見ると、深部の Am2 層を起点に広域でせん断変形が発生し、大きく揺れていることが分かる。この原因を探るために、同モデルに微小なスイープ波を入力して各層での増幅特性を調べ、層ごとの一次固有周期を調べた結果を表 2-8-①-6 に示す。L2-L 地震動は 2 秒付近の周期帯が支配的である。そのため、この長周期の揺れが地盤深部、特に Am2 層の固有周期と一致して共振し、大きな揺れに繋がったと考えられる。L2-L 地震動は加速度こそ小さいものの、当該地点では深部粘土層の固有周期と一致して共振し、地震の揺れが著しく大きくなる危険性を指摘した。

v) L2-W (EW) 地震

最後に L2-W 地震動の EW 成分を入力した場合の地震応答解析結果を図 2-8-①-28 に示す。短周期成分も長周期成分も含むため、地盤全域で平均有効応力が低下し、その程度は L2-S 地震動と比べても大きい。特に深部粘性土である Am1 層で有効応力が低下し（剛性が低下し）、地盤が乱されている様子が分かる。せん断ひずみも全域で大きくなり、地表面付近の Ag1 層では大きな残留変形が生じる。地表面の最大加速度は 10.0 m/s^2 程度と非常に大きいことに加えて、地表の揺れも最大で 0.8m 程度と大きく、地震後も 0.15m ほどの変位が残留する。このように、広帯域地震動である L2-W 地震動の場合、今回対象とした沖積層が厚く軟弱粘土層が介在する地点 4 においては、地震被害が著しく甚大化する。

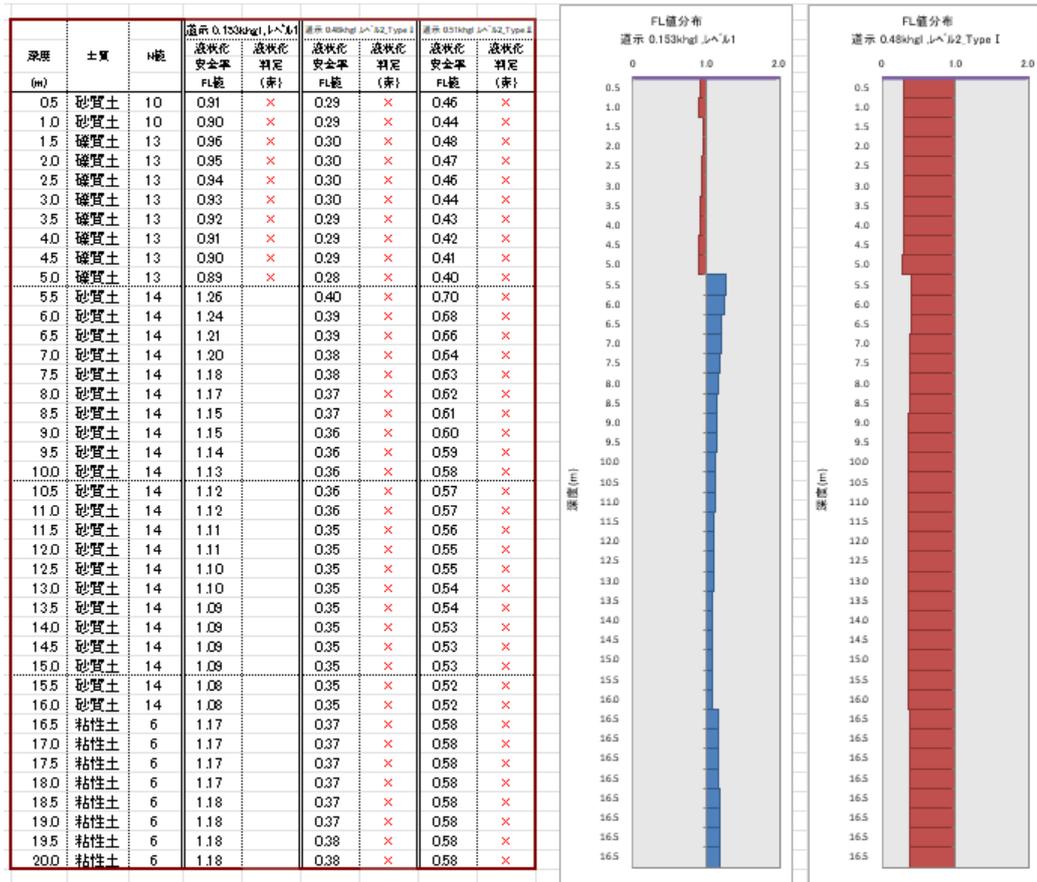
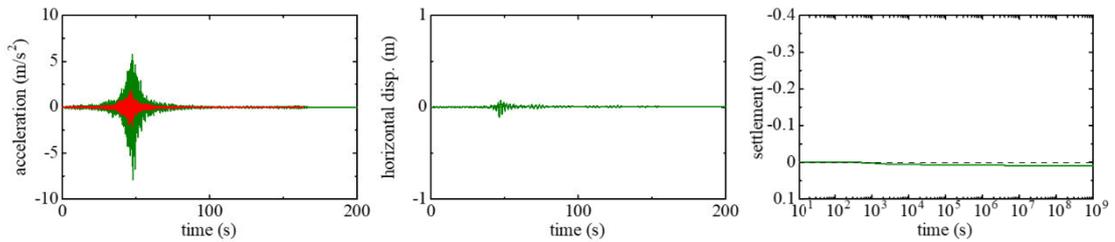
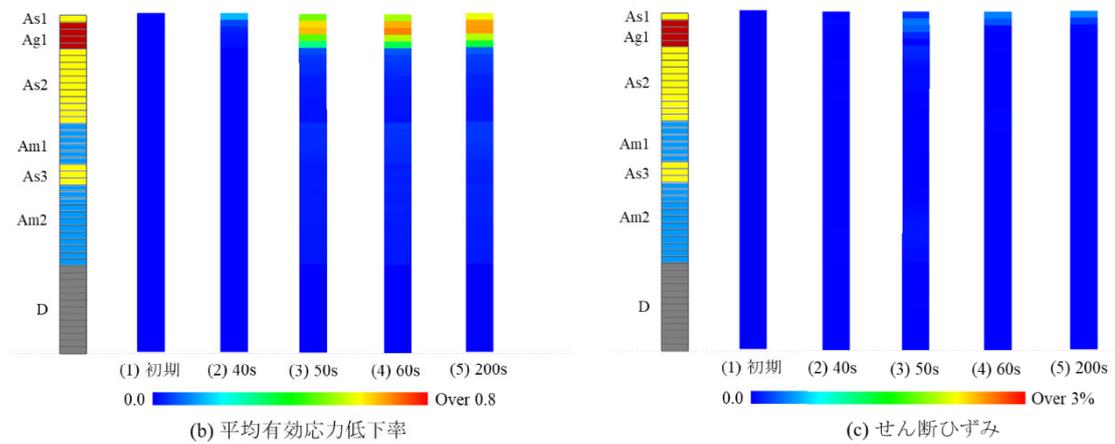


図 2 - 8 - ① - 24 地点 4 における FL 判定結果



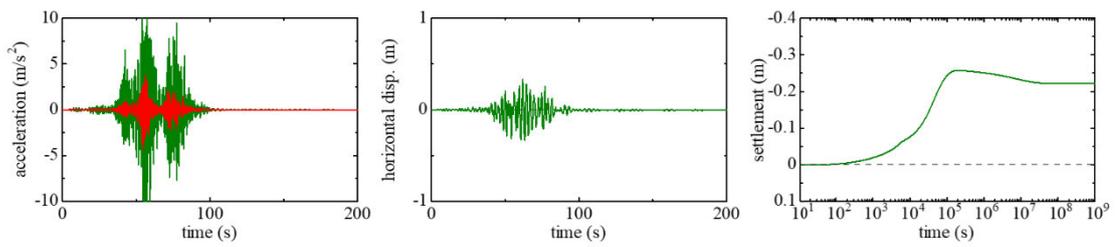
(a) 地表面変状



(b) 平均有効応力低下率

(c) せん断ひずみ

図 2 - 8 - ① - 25 地点 4 における地震応答解析結果 (L1 地震)



(a) 地表面変状

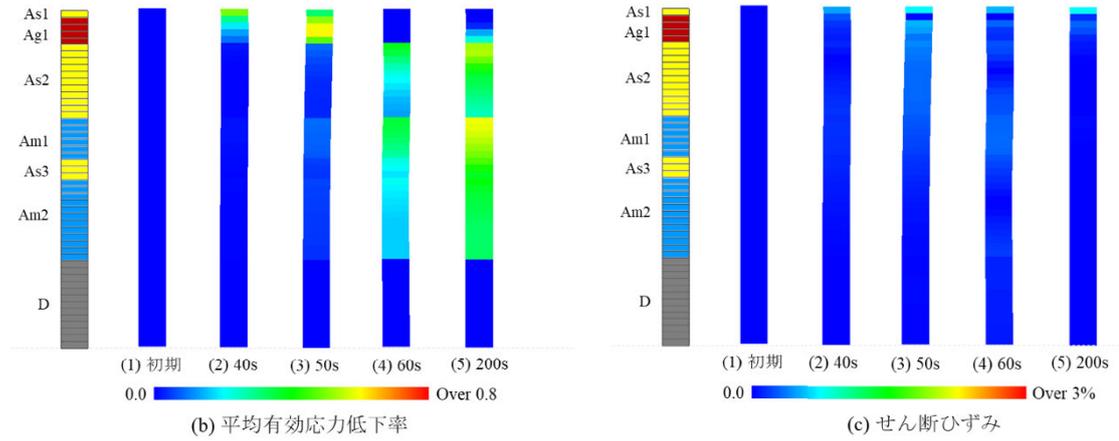
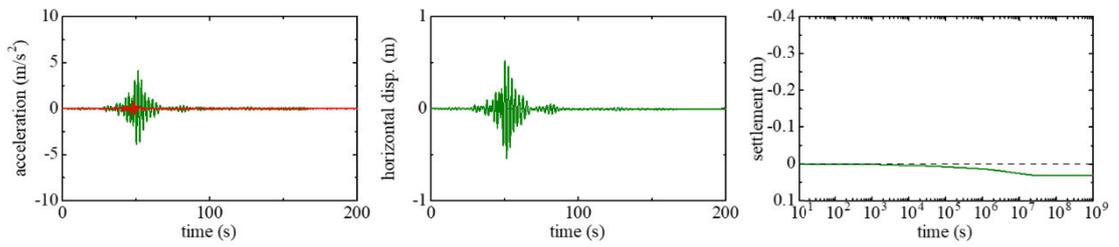


図 2-8-①-26 地点 4 における地震応答解析結果 (L2-S 地震)



(a) 地表面変状

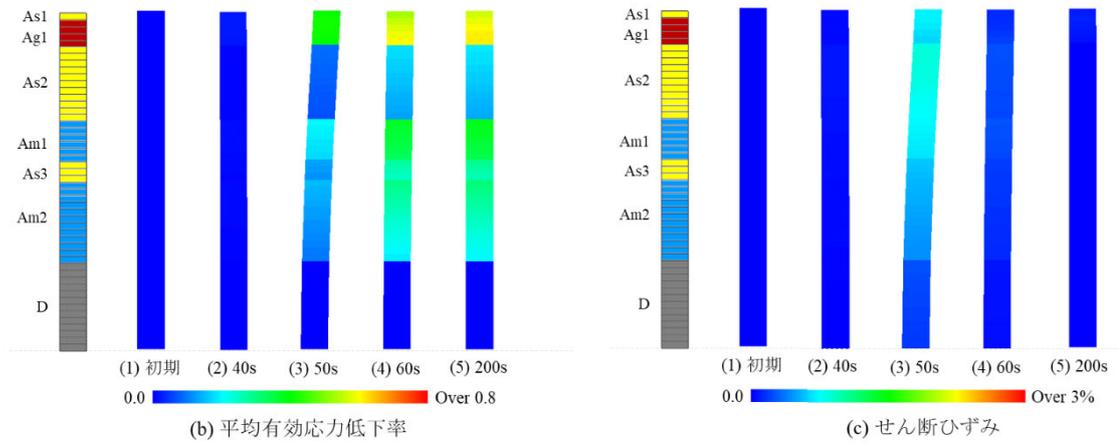


図 2-8-①-27 地点 4 における地震応答解析結果 (L2-L 地震)

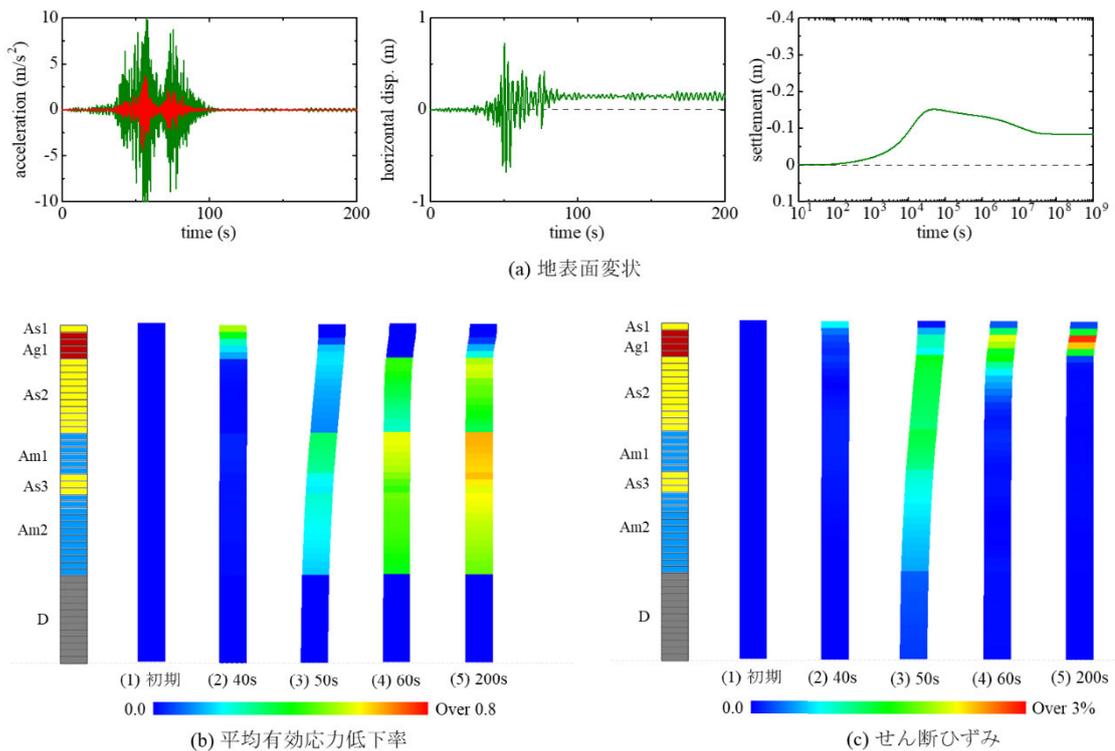


図 2-8-①-28 地点 4 における地震応答解析結果 (L2-W 地震)

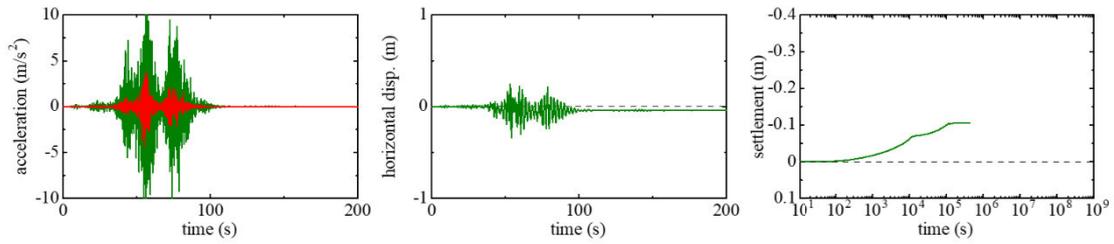
表 2-8-①-6 各層の固有周期

	As1	Ag1	As2	Am1	As3	Am2
固有周期 (s)	0.20	0.55	1.35	1.75	1.55	2.0

vi) 沖積層が薄く軟弱粘土層がほとんど存在しない場合 (地点 1)

沖積層が薄く軟弱粘性土がほとんど存在しない地点 1 (図 2-8-①-15 参照) を代表地点に選定し、軟弱粘性土層の存在が地震被害に及ぼす影響について検討した。

L2-S(EW)地震動を入力した場合の地震応答解析結果を図 2-8-①-29 に、L2-W(EW)地震動を入力した場合の地震応答解析結果を図 2-8-①-30 に示す。地点 1 の場合、固有周期が大きいと考えられる軟弱粘土層がほとんど存在しない。そのため、長周期成分による共振が生じず、短周期卓越の L2-S 地震動と広帯域地震動である L2-L 地震動で地震応答・地震被害に違いが生じなかった。



(a) 地表面変状

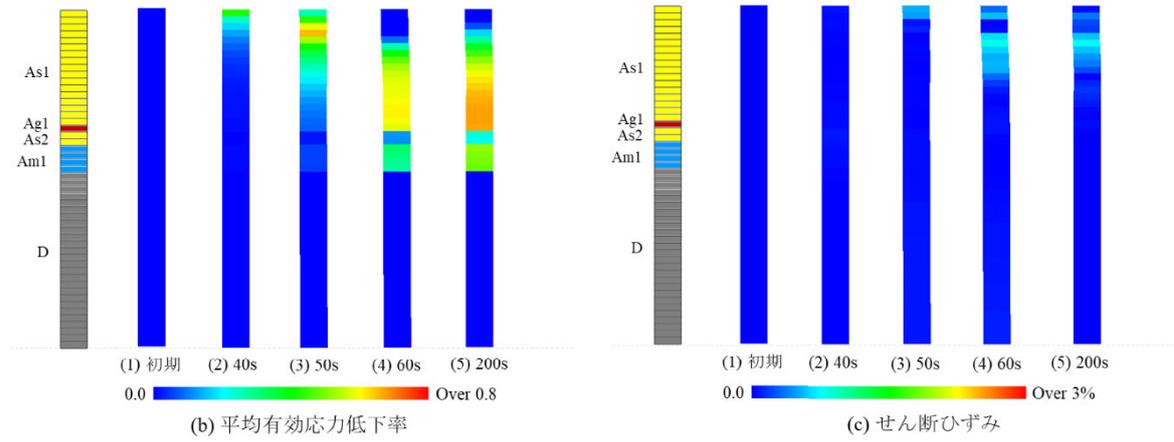
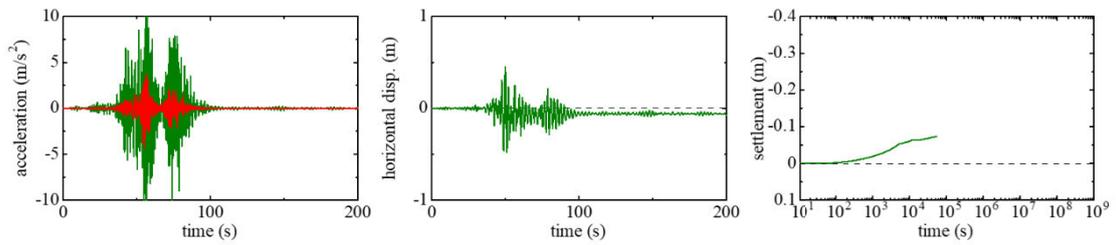


図 2 - 8 - ① - 29 地点 1 における地震応答解析結果 (L2-S 地震)



(a) 地表面変状

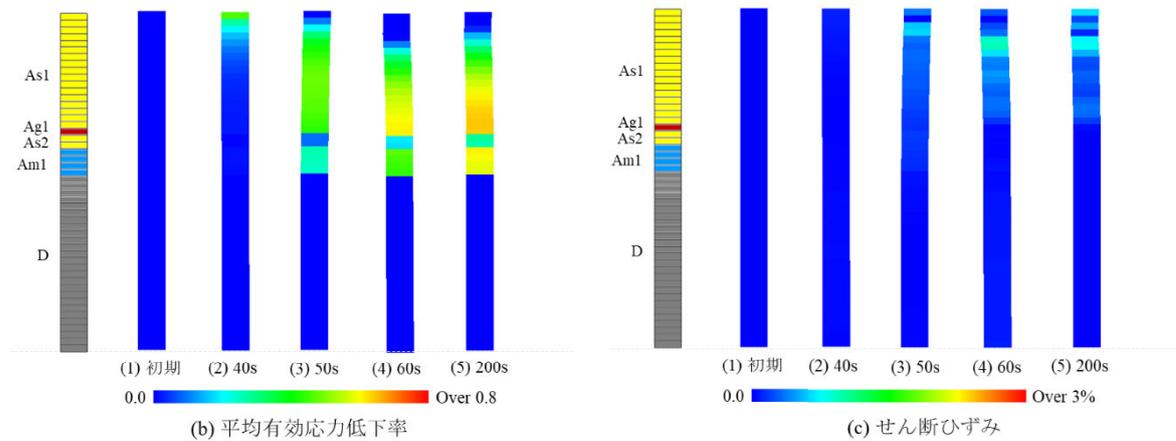


図 2 - 8 - ① - 30 地点 1 における地震応答解析結果 (L2-W 地震)

以上、軟弱土の弾塑性応答を考慮した一次元地震応答解析結果から、FL法の判定対象外である20m以深であっても、L2地震動のような大きな地震では、軟弱土の平均有効応力が減少（剛性が低下）して地震被害が生じうることを示した。また、厚く堆積した軟弱粘性土の固有周期は大きいことから、長周期地震動と共振が生じ、地震被害（揺れ）が甚大化し、地震被害が発生しにくい粘性土であっても地盤被害が生じうることを示した。このように、地盤の精緻な地震被害を検討する際には、地盤の固有周期を含めた土の弾塑性応答を考慮した被害予測が求められる。

e) 小規模地層不整形性の影響評価（二次元解析）

浅部地盤情報のうち特に「小規模地層不整形性」に着目し、延岡地盤のEW断面およびNS断面を対象とした二次元地震応答解析を実施した。EW断面は基盤面において「傾斜不整形性」を、NS断面は基盤面において「盆地不整形性」を有する。ここでは、地層不整形性のより大きいNS断面を対象に、地層不整形性を考慮した二次元地震応答解析を実施した。解析に用いた入力パラメータは一次元解析と同一のものと同一である。図2-8-①-31に有限要素メッシュおよび地層分類図を示す。なお、わかりやすさのために図は鉛直方向に8倍拡大している。モデル底面は $V_s = 600$ m/sの粘性境界、側方は両側端要素に単純せん断変形境界を設定した。水理条件についてはモデルの上面のみ排水条件で、それ以外の面については非排水条件としている。入力地震動はL2-S地震動とし、L2-S(NS)地震動を解析領域下端の全節点の水平方向に等しく入力した。

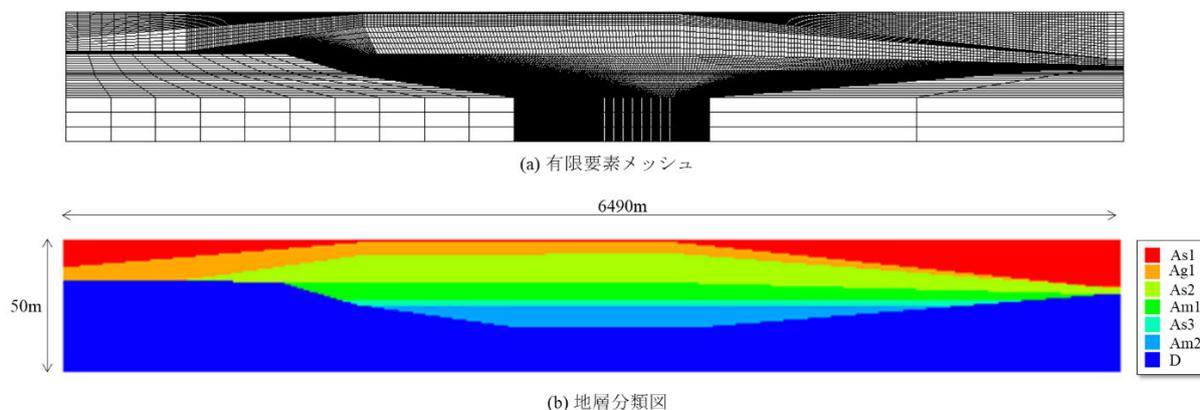


図2-8-①-31 NS断面の有限要素メッシュと地層分類図

i) 有効応力減少比およびせん断ひずみの経時変化

有効応力減少比分布とせん断ひずみ分布の経時変化を図2-8-①-32および図2-8-①-33に示す。主要動以前（～50秒）から浅部の砂層（As1）や砂礫層（Ag1）において広域で有効応力が低下し、液状化に向かっている様子が見られる。主要動以降では、浅部の砂質土層に加えて、深部のシルト層でも有効応力が著しく減少し、特に盆地中央部の堆積層が厚い位置で顕著である。せん断ひずみは地表付近で大きいですが、その様相は不均一・非一様である。また、地盤深部の軟弱シルト層でもせん断ひずみ

が発生していることがわかる。図 2-8-①-34 には最大値のレンジを変えた図面を示すが、せん断ひずみは盆地の直上部で局所的に大きくなっている。

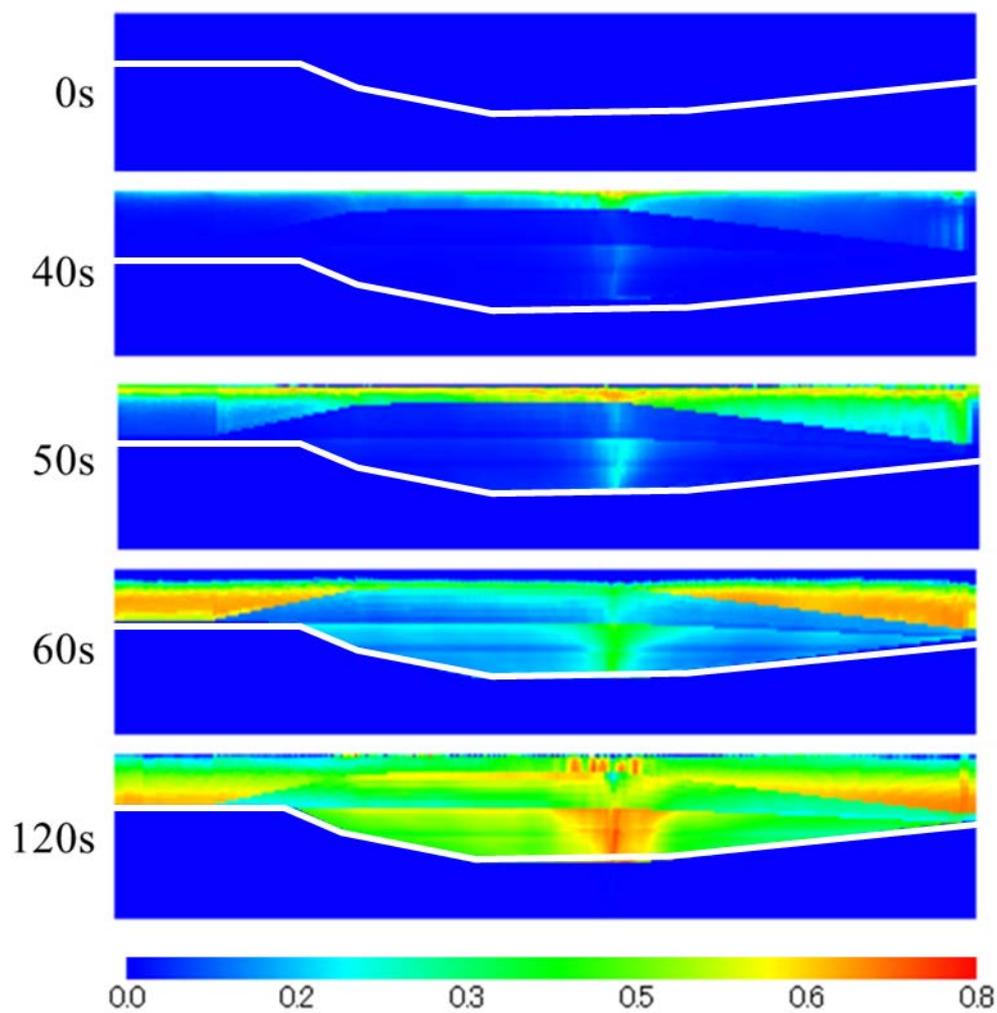


図 2-8-①-32 有効応力減少比の経時変化 (NS 断面、L2-S(NS) 入力)

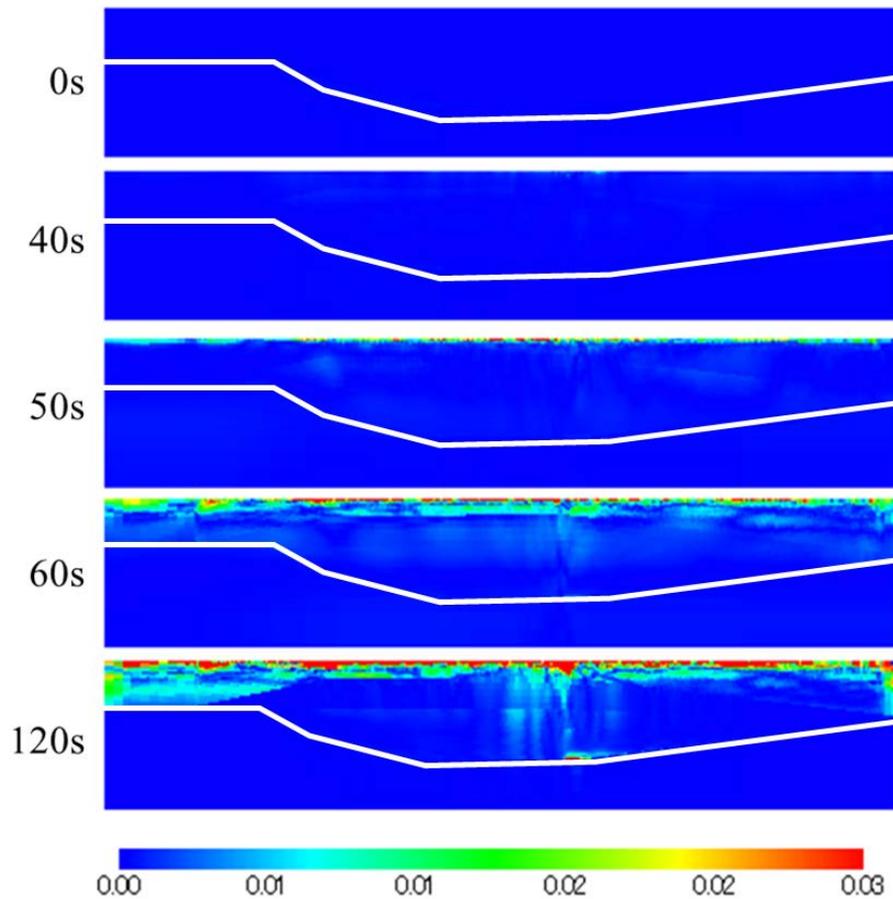


図 2 - 8 - ① - 33 せん断ひずみの経時変化 (NS 断面、L2-S(NS)入力)

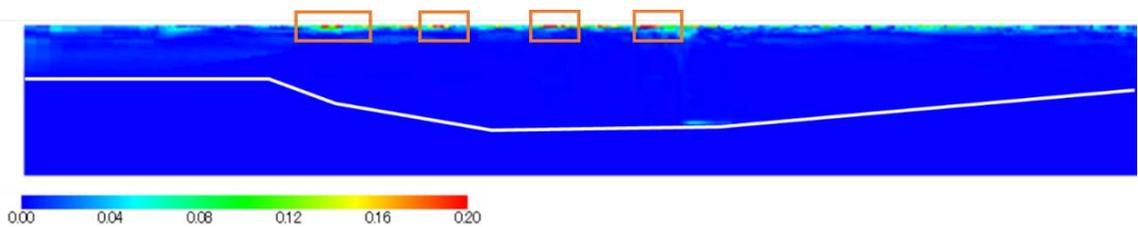


図 2 - 8 - ① - 34 120 秒時点のせん断ひずみ分布 (最大値のレンジを調整)

ii) 地層不整形性が波動伝播に及ぼす影響

地層不整形性が表層の揺れに及ぼす影響を把握し、(1)で示したような不均一・非一様な地盤被害の発生メカニズムを確認するために、図 2 - 8 - ① - 35 には地表面における距離別の速度応答を示す。地震入力は水平方向のみにもかかわらず盆地中央部では鉛直動が生成されている。これは盆地境界における実体波の屈折および盆地端部において励起された表面波 (Rayleigh 波) の影響である。また、地震動入力終了後も水平・鉛直動ともに大きな揺れが継続している。これらは表面波が水平伝播しているためである。鉛直動を見ると、特に盆地中央部の直上で揺れが大きい。これは実体波の焦点効果に加えて、実体波と表面波によるエッジ効果 (増幅的干渉) のためである。揺れが大きい地点はせん断ひずみが局所的に大きい地点とも合致しており、地層不整形性に起因する複雑な波動伝播が地盤被害を局所的に甚大化させたことが分かる。

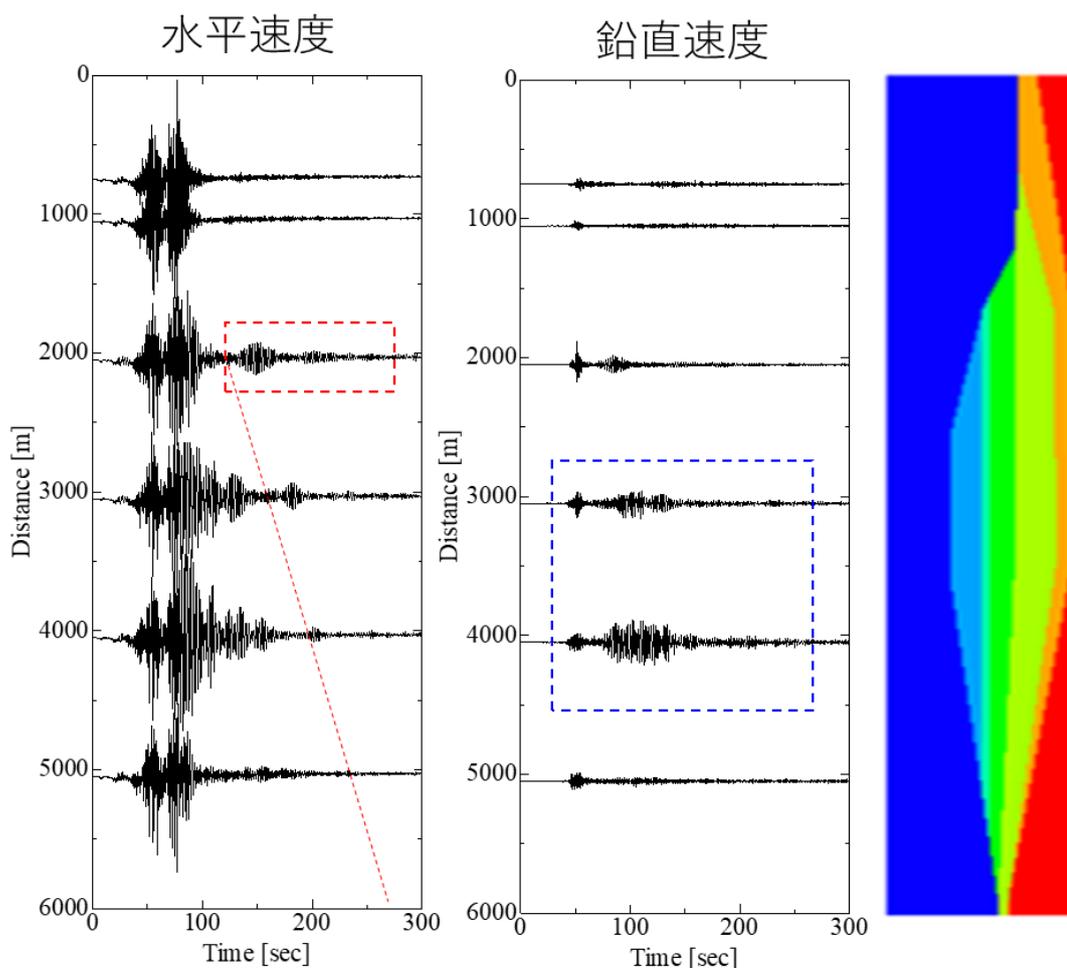


図 2-8-①-35 距離別速度応答

iii) 地層不整形性に起因する多次元効果の検証

二次元解析における地層不整形性の影響を詳細に把握するために、一次元解析（水平成層地盤）と二次元解析（地層不整形性考慮）の比較を行った。図 2-8-①-36 に示す地点における地震発生から 120 秒後の平均有効応力低下率およびせん断ひずみ分布の比較を図 2-8-①-37 に示す。有効応力減少比を比較すると、二次元解析の方が地表面で有効応力が大きく減少しているだけでなく、深部でも有効応力が減少して、地盤剛性が低下していることがわかる。また、せん断ひずみを見てみると、表層被害が甚大化することに加えて、深部で局所的なひずみが発生している。これらは先述の通り、地層不整形性に起因する複雑な波動伝播が原因である。なお、ここでは省略するが、二次元解析の方が常に被害が大きくなるわけではなく、地層不整形性の影響によっては、逆に被害が二次元解析の方が小さくなることもある。

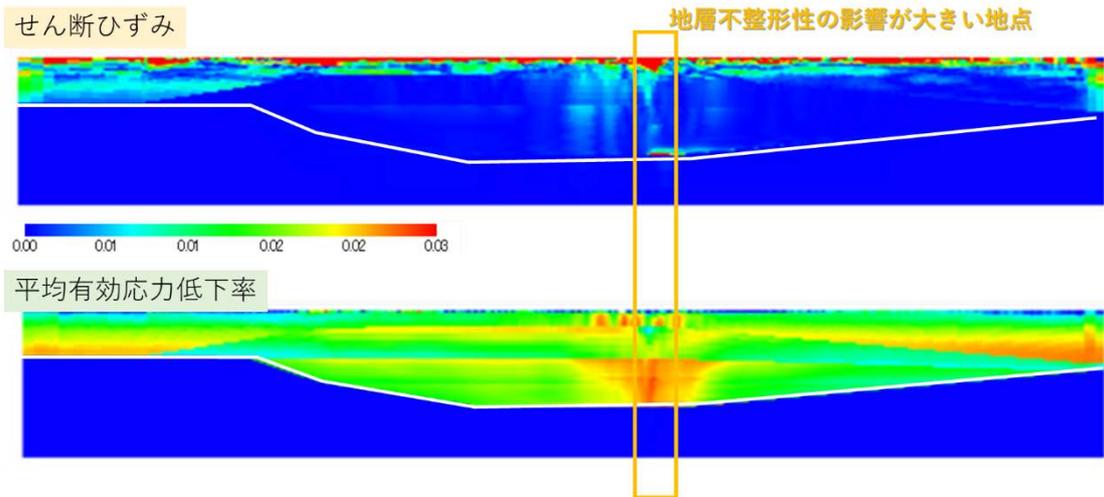


図 2 - 8 - ① - 36 抽出箇所

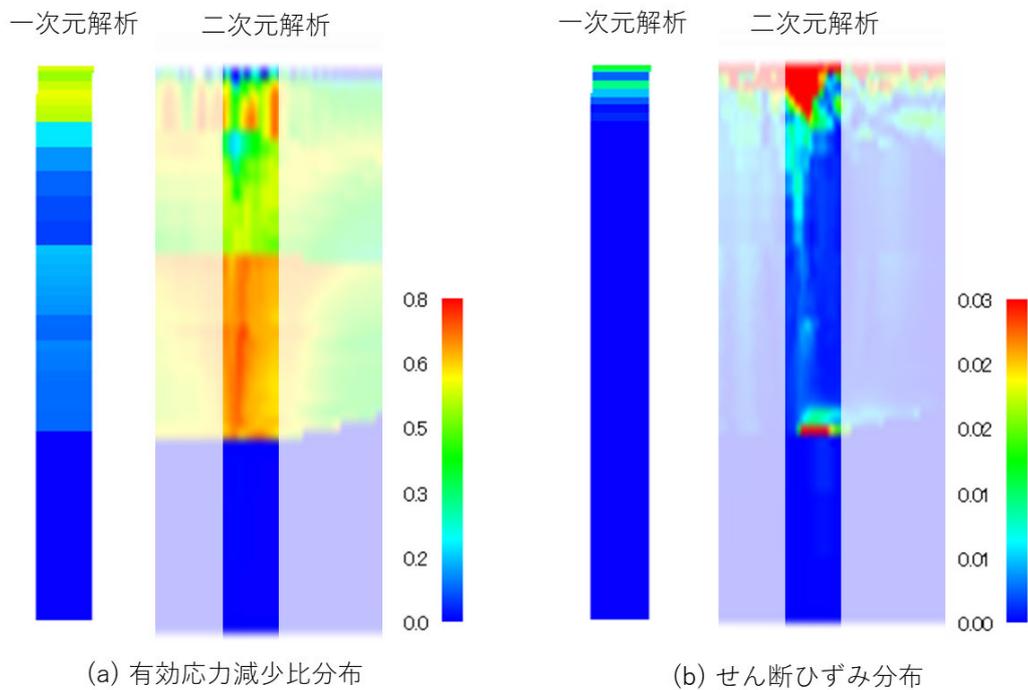


図 2 - 8 - ① - 37 同地点における一次元解析と二次元解析の比較

地層不整形性を考慮した二次元地震応答解析から、実体波の屈折および表面波の生成に伴って、実体波のレンズ効果や表面波と実体波の増幅的干渉(エッジ効果)など、波動伝播が複雑となることを示した。また、複雑な波動伝播は地震被害を不均質・非一様にし、局所的に地震被害を甚大化させることを数値解析的に示した。このことは、従来の一次元的評価だと地震被害を過小評価する危険性があることを示唆している。

(c) 結論ならびに今後の課題

1) 延岡市市街地における津波瓦礫の漂流に関する検討

本プロジェクトでは三重県尾鷲市内で瓦礫の漂流計算を実施し、津波瓦礫漂流の即時予測まで実施した。しかし、延岡市のようなもう少し規模が大きい基礎自治体に適用するには、計算が膨大になる。そこで、試用する計算パラメータのうち、瓦礫の漂流と堆積を制御する底面摩擦係数と付加質量係数、さらに、津波瓦礫同士の衝突による斥力の扱いによって、特に遡上先端での堆積の様子の違いについて検討した。その結果、瓦礫同士の斥力を考慮しないケースでは、瓦礫がより漂流が進むことが確認できた。瓦礫の漂流については、緊急輸送道路などのインフラや重要構造物への影響、海域に流入する瓦礫量の推定に使用することを念頭に置いているが、この過大評価は、必要以上の負荷を基礎自治体に与えることになり得る。これらのパラメータを適切に考慮し、最終的な評価につなげる必要がある。

2) 延岡市市街地における津波瓦礫の集積・堆積と水門の開閉による津波氾濫に関する検討

地域の要望を受け、延岡市南部市街地における津波による木質瓦礫の集積・堆積に関する検討を実施した。M9クラスの津波（内閣府モデル）において、延岡市の南部地域中心市街地を対象として津波による木質がれきの集積・堆積についての検討を実施した。M9クラスの波源断層モデルでも延岡市南部市街地における津波浸水深分布3m程度であり、木造建物流失量も比較的軽微であるため、10mメッシュ平均では数十センチの瓦礫厚程度で、目立った集積は生じないことがわかった。ただし、本業務では木造建物に焦点を絞った解析結果であるため、自動車やコンテナなどの漂流による被害についても解析を行い、より現実的な被害像を明らかにした上で、地域特性に応じた津波防災対策を検討することが重要であろう。

延岡市北部中心市街地に注ぐ五ヶ瀬川流域のうち、大瀬川、五ヶ瀬川、祝子川、北川の河口には遠隔で開閉可能な水門・樋門が設置されている。本業務ではM9クラスの津波（内閣府モデル）に対する水門・樋門の浸水抑制機能について検討を行った。水門を閉門したとしても、水門位置よりも低い護岸からの浸水によりほとんど抑制効果がない箇所や水門両岸から浸水が生じることから堤内地の浸水は免れることはできないが、浸水域内の最大浸水深を若干であるが低減させる効果を確認することができた。

3) 浅部地盤情報（軟弱土の弾塑性性状と地層不整形性）を考慮した地震被害予測

延岡市の地盤モデルをボーリングデータからモデル化し、各土質の性状を把握してN値分布を付与した。これらの情報に基づき、各層の弾塑性性状を推定し、4種類の入力地震動を用いて地震応答解析を実施した。その結果、長周期成分を含むL2-L地震動では、入力加速度は最大で 1.0m/s^2 程度と非常に小さいにもかかわらず、地震中に地盤内の平均有効応力がかなり低下することがわかった。短周期成分も長周期成分も含むL2-W地震動では、地盤全域で平均有効応力が低下し、その程度はL2-S地震動と比べても大きい。特に深部粘性土であるAm1層で有効応力が低下し（剛性が低下し）、せん断ひずみも全域で大きくなることがわかった。

(d) 引用文献

- i) 延岡市市街地における津波瓦礫の漂流に関する検討
 - 1) 内閣府, 南海トラフ巨大地震モデル検討会,
<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/index.html>
 - 2) 小園裕司, 桜庭雅明, 野島和也, 建物形状と倒壊・流出を考慮した津波浸水解析手法の検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 70, 2, 161-165, 2014.
 - 3) 小園裕司, 高橋智幸, 桜庭雅明, 野島和也, 複数の移動形態を考慮した災害がれきの発生・移動予測モデルの開発, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 72, 2, 439-444, 2016.
 - 4) 小園裕司, 高橋智幸, 桜庭雅明, 野島和也, 南海トラフ地震津波を対象とした建物倒壊および災害がれきを考慮した津波被害予測モデルの適用と被害軽減効果の検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 73, 2, 403-408, 2017.
 - 5) 田島芳満, 桐ヶ谷直也, 櫻澤 崇史, 漂流物群と氾濫流の相互作用に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 72, 2, 205-210, 2016
- ii) 延岡市市街地における津波瓦礫の集積・堆積と水門開閉による津波氾濫に関する検討
 - 1) 国土交通省 (2003)、総合施術開発プロジェクト 循環型社会及び安全な環境形成のための建築・都市基盤整備技術の開発まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発。防災まちづくり総プロ報告書、pp.160-161.
<https://www.nilim.go.jp/lab/jdg/soupuro/0.pdf>
 - 2) Imai, K., T. Hashimoto, Y. Mitobe, T. Masuta, N. Takahashi, R. Obayashi, Development of a Practical Evaluation Method for Tsunami Debris and Its Accumulation, *Applied Sciences*, 12, 858, 2022. doi: 10.3390/app12020858
 - 3) 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), 69-2, 311-315, 2013.
 - 4) G 空間情報センター: 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 (5)地形データ, <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/1205>
 - 5) 国土地理院: 基盤地図情報ダウンロードサービス,
<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>
- iii) 浅部地盤情報 (軟弱土の弾塑性性状と地層不整形性) を考慮した地震被害予測
 - 1) Kawase H, Matsushima S, Graves RW, Somerville PG., Three-dimensional wave propagation analysis of simple two-dimensional basin structures with special reference to the basin-edge effect: The Cause of the Damage Belt during the Hyogo-ken Nanbu Earthquake. *Zisin* 50, 431-49, 1998.
 - 2) Asaoka, A., Noda, T., Yamada, E., Kaneda, K. and Nakano, M., An elastoplastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, *Soils and Foundations*, Vol 42, No.5, pp.47-57, 2002.
 - 3) 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.

- 4) 防災科学研究所：強震観測網，<https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- 5) 気象庁：長周期地震動階級の観測結果，
https://www.data.jma.go.jp/eew/data/ltpgm_explain/event.php?eventId=20240101161010&dir1=data/past&past=1
- 6) 宮崎県，https://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/6786/6786_20220617182201-1.pdf
- 7) Imai K, Nakai K, Hirai T, Noda, T., Arai, N., Iwama, S., Iwase, H. and Baba, T., Tsunami hazard evaluation of river embankment structures incorporating their vulnerability to seismic strong motion, Earthquake Spectra, in printing, 2024.
- 8) Midorikawa, S. Prediction of isoseismal map in the Kanto plain due to hypothetical earthquake, Journal of structural engineering. B (33), pp. 43-48, 1987.
- 9) Sugito, M., Furumoto, Y., Sugiyama, T. Strong motion prediction on rock surface by superposed evolutionary spectra, Proc. of the 12th WCEE, CD-ROM, 2000.
- 10) 国土技術政策総合研究所：レベル1地震動（地方港湾），
<https://www.ysk.nilim.go.jp/kakubu/kouwan/sisetu/sisetu.html>
- 11) G空間情報センター：南海トラフの巨大地震モデル検討会 強震断層モデル(4)工学的基盤における強震動波形，<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/1204>
- 12) G空間情報センター：「南海トラフの巨大地震モデル検討会」及び「首都直下地震モデル検討会」の両検討会（3）工学的基盤（Vs=700m/s相当層）における長周期地震動波形_45_宮崎県，<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/1243>
- 13) 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（構造Ⅱ）pp.407-408, 2017.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別
(a) 南海トラフ地殻活動情報とハザード・リスク情報の社会実装に向けて（口頭発表）	高橋 成実 今井 健太郎 中井 健太郎 近貞 直孝 馬場 俊孝 野々村 敦子 中村 洋光 金田 義行 小平 秀一	第 16 回日本地震工学シンポジウム	2023. 11	国内
地震動の継続時間および周波数特性が河川堤防の地震被害に及ぼす影響（口頭発表）	中井健太郎 野田利弘	第 16 回日本地震工学シンポジウム	2023. 11	国内

砂－粘土互層軟弱地盤上に築造された河川堤防の地震時被害に及ぼす地震動継続時間の影響（口頭発表）	中井健太郎 花田優 野田利弘 馬場俊孝 蔣景彩	第 58 回地盤工学研究発表会	2023. 7	国内
応答スペクトルが等しく継続時間が異なる入力地震動による河川堤防の耐震性照査（口頭発表）	中井健太郎 花田優 羽田野純也 野田利弘	第 28 回計算工学講演会	2023. 5	国内

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別
Tsunami hazard evaluation of river embankment structures incorporating their vulnerability to seismic strong motion	Kentaro Imai Kentaro Nakai Takashi Hirai Toshihiro Noda Nobuo Arai Shunji Iwama Hiroyuki Iwase Toshitaka Baba	EARTHQUAKE SPECTRA	2024. 3	国外

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

②情報発信検討会

(a) 業務の要約

サブ課題 1 とサブ課題 2 から提供される研究成果を踏まえ、情報発信の在り方を探る議論の一つとして情報発信検討会を実施した。同じ防災上の特性を持つ地域間で情報共有できるように、特にアンケート上で比較的コメントが多かった項目を参考に、昨年度と同じテーマである、ハザード評価、複合災害対応、事業継続、人材育成の 4 つをテーマとした。各自治体やライフライン企業、地方支分局、地域の大学などとのこれまでの関係も活用して、情報発信検討会の協力体制を構築しながら、各テーマについて年間 2 回ずつ開催した。形式は「With コロナ」を意識した昨年度のハイブリッド形式、ある

いは対面形式の検討会を踏襲した。

ハザード評価は9月29日に人材育成と合同で高松市の香川県社会福祉総合センターを会場としてハイブリッド形式で、1月11日に複合災害対応と合同で和歌山県 JA ビルを会場としハイブリッド形式で実施した。複合災害対応は、7月31日に香川大学を会場としてハイブリッド形式で、また、1月11日にはハザード評価と合同で実施した。事業継続はハイブリッド形式で9月4日と1月31日に名古屋大学を会場として実施した。人材育成は9月29日にハザード評価と合同で実施し、2月5日は兵庫県立大学を会場としてハイブリッド形式で実施した。

なお、9月29日のハザード評価と人材育成の合同会の前日である9月29日には、坂出市が実施した図上防災訓練の見学会を実施した。

(b) 業務の成果

これまで構築してきた連携関係に基づき、昨年度同様、情報発信検討会を定常的に開催した。テーマは昨年度同様、ハザード評価、複合災害対応、事業継続、人材育成の4つで、各テーマの幹事も昨年度と同様、ハザード評価が海洋研究開発機構の今井健太郎氏、複合災害対応が香川大学の金田義行氏、事業継続が防災科学技術研究所の中村洋光氏、人材育成が徳島大学の馬場俊孝氏が務めた。また、各テーマを総括・取り纏め、サブ課題3内、そしてサブ課題1とサブ課題2との連携を図る立場である代表幹事を防災科学技術研究所の高橋成実氏が務めた。

i) ハザード評価

ハザード評価テーマを2回開催した(表2-8-②-1)。1回目は2023年9月29日(金)に高松市の香川県社会福祉総合センターを対面参加の会場として、2回目は2024年1月11日(木)に和歌山市の和歌山県 JA ビルを対面の会場として、それぞれオンライン参加も受け付けるハイブリッド形式で開催した。前者は人材育成テーマと合同で、後者は複合災害対応テーマと合同で行った。参加者(以降、順不同)は1回目が会場に和歌山県、徳島県、坂出市、四国地方整備局、香川大学、徳島大学、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、オンラインで兵庫県、高知県、大阪府、三重県、和歌山県、愛知県、岡崎市、高松市、気象庁地震火山部、大阪管区气象台、福岡管区气象台、鹿児島地方气象台、奈良地方气象台、高松地方气象台、岡山地方气象台、高知地方气象台、広島地方气象台、九州地方整備局、NTT西日本四国支店、NTT西日本関西支店、関西電力、四国電力、カズケミカル物流西日本倉庫部、関西国際大学、徳島大学、香川大学、文部科学省、海洋研究開発機構、あわせて36機関の参加があった。2回目は会場に和歌山県、由良町、大阪管区气象台、和歌山地方气象台、香川大学、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、オンラインで静岡県、高知県、宮崎県、香川県、兵庫県、和歌山県、名古屋市、有田市、田辺市、碧南市、由良町、大阪管区气象台、福岡管区气象台、高知地方气象台、鹿児島地方气象台、奈良地方气象台、和歌山地方气象台、高松地方气象台、岡山地方气象台、徳島地方气象台、彦根地方气象台、広島地方气象台、四国地方整備局、近畿地方整備局、九州地方整備局、NTT西日本東海支店、NTT西日本関西支店、関西電力、四国電力、名古屋大学、香川大学、明石工業高等専門学校、文部科学省、防災科学

技術研究所、海洋研究開発機構、あわせて 42 機関の参加があった。

1 回目の検討会では、最初に坂出市の笠井氏から「DONET による津波予測システムの活用についてー坂出市における消防訓練の事例ー」と題して、続いてテーマ幹事の海洋研究開発機構の今井氏から「ハザードマップにはない被害を予測する」と題した話題提供があり、最後に合同で行った人材育成テーマより、同テーマ幹事の徳島大学の馬場氏から「防災人材育成のためのコンテンツ作成と活用」の話題提供があった。質疑応答や、その後の総合討論では地震・津波観測監視システム（DONET）の利活用の先進事例の 1 つである DONET の津波浸水予測を用いた消防隊の活動訓練について多くの質問やコメントが寄せられた。ピンポイントの訓練だけでなく、継続できるよう人材育成にも力を入れている坂出市の取り組みは、今回の検討会のもう 1 つのテーマである人材育成の視点からも、参加者にとって参考となる内容であった。ハザードマップにない被害については、ハザードマップの限界や、最大規模の想定を提示することによる避難率の低下の課題があらためて浮き彫りとなる議論が交わされた。ハザードマップは地震の時間差発生や複合災害を考慮したものではなく、また、本プロジェクトで取り組んでいる津波漂流物や河川等の堰堤の耐性も考慮されていない実情があらためて共通認識され、本プロジェクトへの期待が高まった。このテーマの目的でもある想定外を無くすためには、個人の知識や考え方も大きく依存することから、次の地域防災を担う若い世代の人材育成がとても重要である。避難行動や地域防災に貢献する内容を取り入れている人材育成テーマのコンテンツについて大きな関心が寄せられた。人材育成だけでなく、広く一般向けの啓発という観点に立っても、この情報発信検討会はさまざまな組織や立場で多くの取り組みが行われており、有機的にそれらを繋ぐ機会となるよう期待する声が聞かれた。

また、この検討会の前日の 2023 年 9 月 28 日（木）は、香川県の坂出市が地震津波対策として地震・津波観測監視システム（DONET）の情報を活用した図上シミュレーション訓練が行われた。坂出市のご厚意により、刻々と変化する訓練の津波浸水情報を基にした消防隊の救助や避難誘導などの活動と津波到来に備えた撤収の図上訓練、ならびに香川県の防災ヘリを使った津波浸水孤立地域からの救助訓練を図上訓練会場で見学させていただいた。本プロジェクト関係者だけでなく、他の行政機関からも高い関心が寄せられ、参加者の調整を行ったほどだった。前述の 9 月 29 日の情報発信検討会でも議論になったとおり、見学者は熱い視線で様子を注視していた。本プロジェクトとしても、他地域でも同様の訓練を展開してきたいと考えている。

2 回目の検討会では、最初に 1 月 1 日の能登半島地震に関して複合災害対応テーマのテーマ幹事の香川大学の金田氏とハザード評価テーマのテーマ幹事の海洋研究開発機構の今井氏から情報提供があった。その後、予定の議事に入った。海洋研究開発機構の堀氏から「南海トラフ震源域の現状把握と推移予測に向けた取り組みとその活用」と題して、次に和歌山県の坂本氏から「和歌山県の取り組みについて」と題して、最後に香川大学の野々村氏から「大雨と地震の複合災害を考える」と題して話題提供があった。能登半島地震の科学的な知見などの情報提供については、本検討会参加者との情報共有や、南海トラフ地震の防災減災対策にもつながることから急遽実施した。質疑応答も含めて、現地に入った研究者の研究的な視点からの話、あるいは、現地に職員を送っている自治体の話など、公になりにくいものの重要なポイントがタイムリーに共有された。

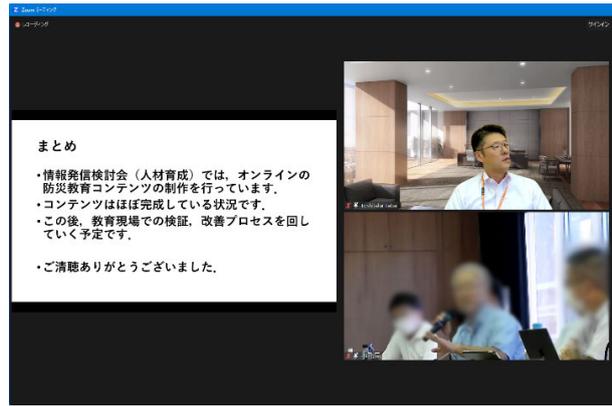
南海トラフ震源域の現状把握と推移予測の話題は、本プロジェクト内の連携と最終的な成果とそのまとめ方、発信の仕方を意識したものであるが、以前より情報発信検討会の参画メンバーからも理学的な知見の共有を求める声があった。参加者からは、先行地震と後発地震についての課題や懸案が出され、南海トラフ地震臨時情報が出された際の対応も含めて、推移予測の現状を理解して、それを住民や関係者にどのように伝えていくか、組織としてどのように対応していくか、結論が見えない難しい議論が行われた。和歌山県の取り組みの紹介については、南海トラフ地震を始めとして同県は先進的な取り組みをしている自治体のひとつであり、参加者の関心も高まった。能登半島地震の現地の様子と比較する質問も多く、能登と和歌山の地形的な違いに加え、降雪や気温の違いの指摘もあった。大雨と地震だけでなく、時間差の地震も含めた複合災害は、その複雑さや煩雑さ、想定の高難しさなどから、深い議論がされにくいテーマであり、自治体や企業にとっては、その議論まで手が回らなかったことは否めない。今回は、大雨による土砂災害に焦点をあてた話題と議論であったが、対策の優先順位をつけるうえでも、地質データの整備や、降雨予測の高難しさなど、課題が共有された形となった。臨時情報が出された際、中山間部のリスクもきちんと評価した上で、避難や備えを行う重要性も強調された議論となった。

表 2-8-②-1 ハザード評価をテーマにした情報発信検討会議事次第

日・実施形態など	議事（話題提供）	話題提供者
第1回ハザード評価 （人材育成と共同開催）	DONETによる津波予測システムの活用について —坂出市における消防訓練の事例—	坂出市 危機管理課 笠井 武志
2023年9月29日(金) 13:30～16:30	ハザードマップにはない被害を予測する	海洋研究開発機構 今井健太郎
ハイブリッド 会場：香川県社会福祉総合センター	防災人材育成のためのコンテンツ作成と活用	徳島大学 馬場 俊孝
第2回ハザード評価（複合災害対応と共同開催）	南海トラフ震源域の現状把握と推移予測に向けた取り組みとその活用	海洋研究開発機構 堀 高峰
2024年1月11日(木) 13:30～16:30	和歌山県の取り組みについて	和歌山県 総務部 危機管理局 坂本 行広
ハイブリッド 会場：和歌山県 JA ビル	大雨と地震の複合災害を考える	香川大学 野々村 敦子



現地会場

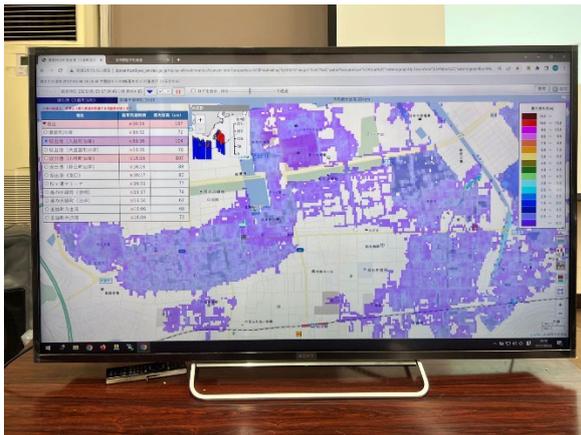


オンライン画像

写真 2 - 8 - ② - 1 第一回ハザード評価・人材育成テーマ（合同）の様子



写真 2 - 8 - ② - 2 坂出市消防の図上訓練および防災ヘリ実働合同訓練 見学会



津波浸水を示す画面



津波浸水で孤立した地域に飛来した防災ヘリ

写真 2 - 8 - ② - 3 坂出市消防の図上訓練および防災ヘリ実働合同訓練



現地会場



オンライン画像

写真 2-8-②-4 第二回ハザード評価・複合災害対応テーマ（合同）の様子

ii) 複合災害対応

複合災害対応テーマを2回開催した（表2-8-②-2）。1回目は2023年7月31日（月）に香川大学を対面参加の会場として、2回目は2024年1月31日（木）にハザード評価と合同で和歌山市の和歌山県 JA ビルを対面の会場として、それぞれオンライン参加も受け付けるハイブリッド形式で開催した。参加者は1回目が会場に香川県、徳島県、坂出市、三豊市、高松地方気象台、四国地方整備局、四国ガス株式会社、四国経済連合会、香川大学、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、オンラインは高知県、大阪府、徳島県、愛媛県、宮崎県、香川県、三重県、和歌山県、静岡県、兵庫県、高松市、丸亀市、大洲市、四日市市、室戸市、直島町、上板町、海陽町、多度津町、小豆島町、三観広域行政組合消防本部、大川広域消防本部、気象庁地震火山部、大阪管区気象台、福岡管区気象台、鹿児島地方気象台、熊本地方気象台、高松地方気象台、宮崎地方気象台、岡山地方気象台、徳島地方気象台、高知地方気象台、松江地方気象台、高知地方気象台、松山地方気象台、奈良地方気象台、神戸地方気象台、九州地方整備局、近畿地方整備局、四国地方整備局、NTT西日本設備本部、NTT西日本関西支店、NTT西日本社東海支店、NTT西日本四国支店、NTTフィールドテクノ、中部電力、関西電力、四国電力、日鉄テクノロジー、四国ガス、応用地質、土佐清水ジオパーク、関西国際大学、香川大学、名古屋大学、明石高専、文部科学省、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、あわせて70機関の参加があった。

1回目の検討会では、最初に複合災害対応テーマ幹事である香川大学の金田氏から「南海トラフ地震におけるマルチ強震動の被害軽減について」と題して、続いて高松地方気象台の築山氏から「風水害に関連した複合災害」と題して話題提供を行った。質疑応答や、その後の総合討論では、複合災害のパターンや事例が「つかめない」「複雑すぎる」「災害の激甚化の傾向で個々の災害ですら対応が難しい」「ハードの対応ではなく、ソフトで対応せざるをえない」「臨時情報が出たあとの対応が難しい」「複合的に起きる災害の被害を理解するのが難しい」といったさまざまな意見や質問が出された。このテーマの難しさや課題、そしてそれらが膨大に、かつ複雑に絡み合っていることが改めて浮き彫りとなった。課題に対する答えを出すことは難しく、1つではないの

で、それぞれがこのテーマについて考えを深め、こうした機会での議論を重ねることの重要性が共有された。地震の連動については、熊本地震の事例を中心に議論された。南海トラフ地震臨時情報が出されたあとは、津波だけでなく連動地震や中山間部も含めた地盤の脆弱性の評価の重要性の指摘があった。また、高松でのハイブリッド開催であったため、香川県内に多数存在するため池のリスクについても議論された。風水害に関連した複合災害は、地震による地盤沈下や堤防の被害があった後の風水害のリスク評価について議論された。気象台の対応、自治体の対応、そしてデマ情報や正しい情報の共有について活発な意見が出された。

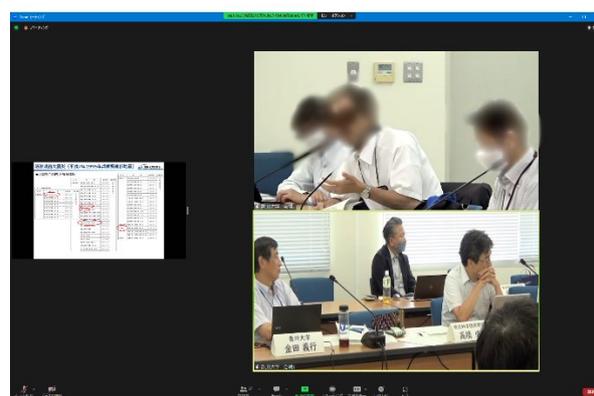
※2回目は、ハザード評価テーマと合同で実施したので、そちらを参照のこと。

表2-8-②-2 複合災害対応をテーマにした情報発信検討会議事次第

日・実施形態など	議事（話題提供）	話題提供者
第1回複合災害対応 2023年7月31日(月) 13:30～16:30 ハイブリッド 会場：香川大学又信記念館	南海トラフ地震におけるマルチ強震動の被害軽減について	香川大学 金田 義行
	風水害に関連した複合災害	高松地方気象台 築山 秀治
第2回複合災害対応 (ハザード評価と共同開催) 2024年1月11日(木) 13:30～16:30 ハイブリッド 会場：和歌山県JAビル	南海トラフ震源域の現状把握と推移予測に向けた取り組みとその活用	海洋研究開発機構 堀 高峰
	和歌山県の取り組みについて	和歌山県 総務部 危機管理局 坂本 行広
	大雨と地震の複合災害を考える	香川大学 野々村 敦子



現地会場



オンライン画像

写真2-8-②-5 第一回複合災害対応テーマの様子

iii) 事業継続

事業継続テーマを2回開催した(表2-8-②-3)。1回目は2023年9月4日(月)に、2回目は2024年1月31日(水)に名古屋大学を対面参加の会場としてオンライン参加も受け付けるハイブリッド形式で開催した。1回目の参加者は、会場が愛知県、名古屋大学、NTT西日本東海支社、防災科学技術研究所、応用地質、海洋研究開発機構、オンラインが応用地質、土佐清水ジオパーク推進協議会、四日市市、兵庫県、大阪府、高知県、延岡市、幸田町、東京海上ディーアール、徳島県、香川大学、防災科学技術研究所、九州地方整備局、静岡県立大学、高松地方気象台、高知地方気象台、イオン、岡山地方気象台、四国電力、NTT西日本、鹿児島地方気象台、NTTフィールドテクノ、関西国際大学、名古屋大学、和歌山県、近畿地方整備局、文部科学省、大阪管区気象台、リアルタイム地震・情報利用協議会、静岡県、京都大学、あわせて37機関の参加があった。2回目の参加者は、会場が応用地質、NTT西日本東海支店、名古屋地方気象台、愛知県、カインズ、名古屋大学、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、オンラインがガスケミカル物流西日本、NTT西日本関西支店、UBE、イオン、応用地質、岡山地方気象台、ダイフク、関西国際大学、関西電力、気象庁、宮崎県、近畿地方整備局、香川大学、高松地方気象台、高知地方気象台、三井化学、鹿児島大学、静岡県、大阪管区気象台、大阪府、土佐清水ジオパーク推進協議会、東京海上ディーアール、東京管区気象台、福岡管区気象台、奈良地方気象台、日清オイリオグループ、日本酢ビ・ポパール、兵庫県、防災科学技術研究所、和歌山県、あわせて38機関の参加があった。

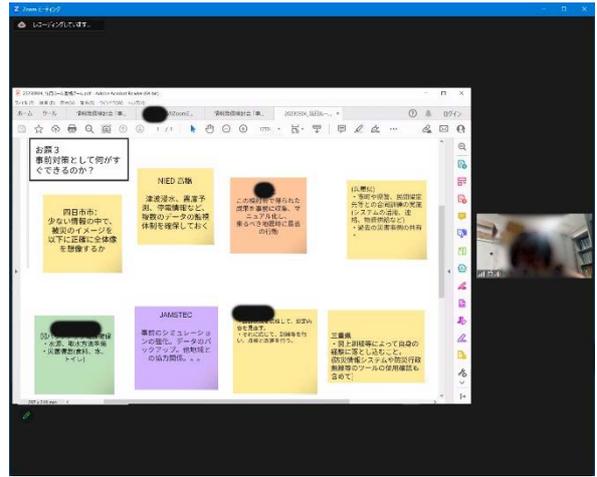
1回目の検討会では、第一部では4題の話題提供と質疑応答、第二部ではミニワークショップを行った。話題提供は最初がテーマ幹事の防災科学技術研究所の中村氏から「地震防災基盤シミュレータの試験公開」について、2番目に京都大学の矢守氏から「津波避難戦略支援ツール「逃げトレView」の開発と活用」、3番目に応用地質の鬼頭氏から「南海トラフ地震の津波ハザード情報を用いた確率論的浸水リスク評価とその利活用」、最後に名古屋大学の小沢氏と羽田野氏から「ガス事業者における地震対策の事例」と題して行った。第二部は「「半割れで社会がどこまで耐えられるのか？」を考えるミニWS」としてミニワークショップを行った。地震防災基盤シミュレータについては、多数のパターンが整備されることから、関係者の期待が高かった。逃げトレViewは、自治体の活用を目指したシステムであることもあり、特に自治体の関心を集めた。システムの利用できる地域が南海トラフ地震で大きな被害が想定されている特定の地域のみである現状について、広範囲に広げて欲しいといった希望が出された。その他の話題提供についても、現在のBCPが完成したものと考えず普段のチェックの必要性、南海トラフ地震臨時情報が出た後はどうするのか、ライフラインの健全性や被災後の復旧体制に関する懸案などの意見が出された。ミニワークショップでは、M8クラスの半割れ地震が起きたとき、どのような影響が出るか、自社はどうなのか？事業継続のための事前対策は？といったテーマで議論した。議論以外にも、想定外を無くす難しさや人の考えることで意識違いや濃淡による合意の難しさ、自治体の防災計画の現状は単一のシミュレーション結果に基づいており多様性を理解することの難しさの指摘があった。

2回目の検討会は、前回と同様に二部構成として第一部が話題提供と質疑応答、第二部はミニワークショップを行った。第一部の話題提供は、最初に名古屋大学の平山氏が

ら「南海トラフ地震理論上最大シナリオの限界／R6 能登半島地震」と題して、1月1日に起きた能登半島地震のライフラインや災害廃棄物の状況の紹介も含めた話題提供があった。次に防災科学技術研究所の齊藤氏から「物理モデルによる南海トラフ巨大地震の破壊シナリオの作成」、最後に防災科学技術研究所の水井氏から「地震防災基盤シミュレータを活用した災害対策の事例紹介 およびワークショップの説明」と題した話題提供と説明があった。第二部は「M8クラスの被害において現実的に実施できる対策WS」としてミニワークショップを行った。第一部の最初の話提供で、1月1日に発生した能登半島地震の現状について、水道と災害廃棄物の視点から話題提供があった。水道は重要施設に被害が多く出ていることが過去の大きな地震との違いで、復旧作業についての話もあった。南海トラフ巨大地震の破壊シナリオについては、シナリオ作成の際のマグニチュードの想定や日向灘の扱いについて議論された。ミニワークショップでは、M8クラスの地震によって社会がどうなるか？さらに、その地震で事業継続に大きな影響を出さないための対策について議論した。前者については交通網やライフラインの被害、火災を中心に多くの混乱要素が示された。後者は、組織間・地域間・同業種間の協力体制や連携、備蓄や情報の活用などが重要なポイントとして示された。また、質疑応答では通信の冗長性確保の手立てや能登半島地震の通信途絶の経験からの議論が行われた。

表 2-8-②-3 事業継続をテーマにした情報発信検討会議事次第

日・実施形態など	議事（話題提供）	話題提供者
第1回事業継続 2023年9月4日(月) 13:30～17:00 ハイブリッド 会場：名古屋大学 環境総合館	地震防災基盤シミュレータの試験公開	防災科学技術研究所 中村 洋光
	津波避難戦略支援ツール「逃げトレView」の開発と活用	京都大学 矢守 克也
	南海トラフ地震の津波ハザード情報を用いた確率的浸水リスク評価とその利活用	応用地質株式会社 鬼頭 直
	ガス事業者における耐震対策の事例	名古屋大学 小沢 裕治、羽田野 拓己
	ミニワークショップ 「半害れで社会がどこまで耐えられるのか？を考えるWS」	
第2回事業継続 2024年1月31日(水) 13:30～17:00 ハイブリッド 会場：名古屋大学 減災館	南海トラフ地震理論上最大シナリオの限界／R6 能登半島地震	名古屋大学 平山 修久
	物理モデルによる南海トラフ巨大地震の破壊シナリオの作成	防災科学技術研究所 齊藤 竜彦
	地震防災基盤シミュレータを活用した災害対策の事例紹介 およびワークショップの説明	防災科学技術研究所 水井 良暢
	ミニワークショップ 「M8クラスの被害において現実的に実施できる対策WS」	



現地会場の議論

オンラインによる議論

写真 2-8-②-6 第 1 回事業継続テーマの第二部ミニワークショップの様子



第一部の話題提供（現地会場）

ミニワークショップ（現地会場の議論）

写真 2-8-②-7 第 2 回事業継続テーマの様子

iv) 人材育成

人材育成テーマを 2 回開催した（表 2-8-②-4）。1 回目は 2023 年 9 月 29 日（金）にハザード評価テーマと合同で高松市の香川県社会福祉総合センターで、2 回目は 2024 年 2 月 5 日（月）に神戸市の兵庫県立大学神戸防災キャンパスにおいて、どちらもハイブリッドで開催した。2 回目の参加者は現地会場に防災科学技術研究所、兵庫県立大学、3.11 メモリアルネットワーク、徳島大学、徳島市立国府中学校、室戸ジオパーク推進協議会、一般社団法人りぐる、静岡県立大学、海洋研究開発機構、オンラインで NHK 報道局社会部、NHK 徳島、海洋研究開発機構の 12 機関の参加があった。

2 回目の検討会は 4 題の話題提供があった。最初に「徳島県における南海トラフ臨時情報に備えた取り組み」と題して徳島大学の金井氏から、次に「北海道・三陸沖後発地震注意情報のアンケート調査について」と題して NHK の宮原氏から、三番目に「災害情報リテラシー尺度の開発をめざして」と題して兵庫県立大学の松川氏から、最後に「東

日本大震災被災地の現状報告」と題して 3.11 みらいサポートの中川氏から話題提供があった。徳島県における取り組みは、南海トラフ地震臨時情報についての高齢者施設や沿岸市町へのアンケート、小学校向けの防災体験活動の結果が紹介され、詳細な結果から活発な質疑応答がなされた。後発地震注意情報のアンケート調査は、情報の出し方とそれが伝わらないジレンマなどが質疑応答での話題となった。また、M8 クラスの地震が起きたあと、大津波警報が出ている最中に臨時情報（巨大地震警戒）が出された際の情報発信の在り方について議論された。災害情報リテラシー尺度の開発は、現在進めている作りこみの紹介が行われ幅広い年齢層に対応するアンケート設問に関して議論が交わされた。東日本大震災被災地の現状報告は伝承を中心とした話題で、伝承団体の高齢化や後継者不足の問題が紹介され、伝承を職業に位置付けた取り組みの必要性が共有された。

※ 1 回目は、ハザード評価テーマと合同で実施したので、そちらを参照のこと。

表 2-8-②-4 人材育成をテーマにした情報発信検討会議事次第

日・実施形態など	議事（話題提供）	話題提供者
第1回人材育成（ハザード評価と共同開催） 2023年9月29日（金） 13:30～16:30 ハイブリッド 会場：香川県社会福祉総合センター	DONETによる津波予測システムの活用について ー坂出市における消防訓練の事例ー	坂出市 危機管理課 笠井 武志
	ハザードマップにはない被害を予測する	海洋研究開発機構 今井健太郎
	防災人材育成のためのコンテンツ作成と活用	徳島大学 馬場俊孝
第2回人材育成 2024年2月5日（月） 13:30～16:00 ハイブリッド 会場：兵庫県立大学 神戸防災キャンパス大教室	徳島県における南海トラフ臨時情報に備えた取り組み	徳島大学 金井 純子
	北海道・三陸沖後発地震注意情報のアンケート調査について	NHK 報道局社会部 宮原 豪一
	災害情報リテラシー尺度の開発をめざして	兵庫県立大学 松川 杏寧
	東日本大震災被災地の現状報告	3.11 みらいサポート 中川 政治
	防災教育コンテンツの作業報告	各担当者



話題提供（現地会場）

話題提供（オンライン画像）

写真 2-8-②-8 第二回人材育成テーマの様子

情報発信検討会（人材育成）では防災人材の育成を目的として、オンラインで視聴可能なビデオ教育コンテンツを作成している（写真2-8-②-9、<https://www.toshitaka-baba.com/jinzai>よりアクセス可能）。予定している講義内容を表2-8-②-5にまとめる。視聴対象は一般、大学教養レベルを想定し、各回20分程度の説明ビデオ2～3本で構成されている。現時点で第1回、第2回、第3回、第4回、第5回、第6回、第7回は公開済みである。第4回や第6回は人材育成の情報発信検討会のみならず、他の情報発信検討会（ハザード、複合災害対応、事業継続）の議論も参考にしながら作成した。第8回は準備中で来年度（令和5年度）に公開する予定である。

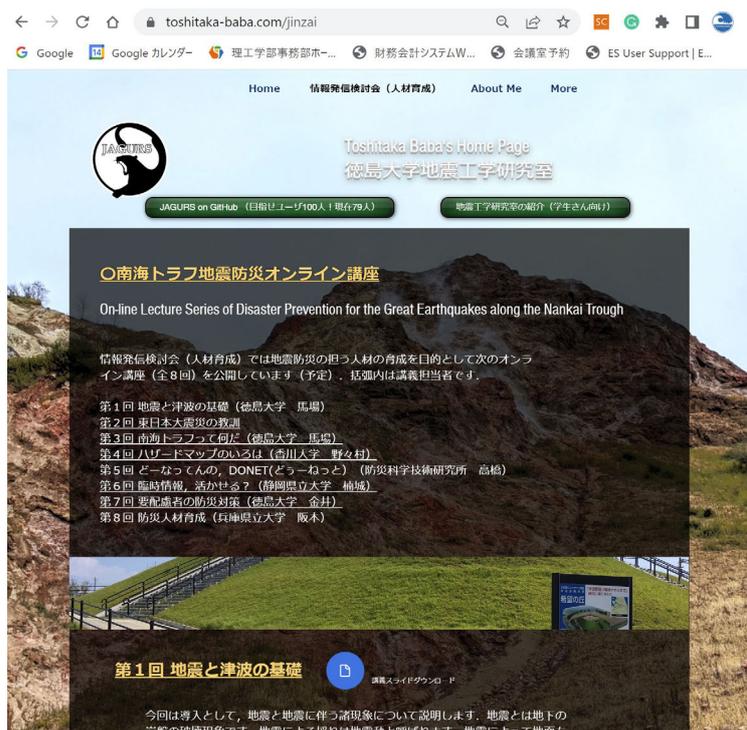


写真2-8-②-9 防災教育コンテンツのメインページ

表2-8-②-5 ビデオ教育コンテンツの構成と準備状況

	内容	担当者	作業状況
第1回	地震と津波の基礎	徳島大学 馬場俊孝	公開済み
第2回	東日本大震災の教訓	3.11 みらいサポート 中川政治	公開済み
第3回	南海トラフって何だ	徳島大学 馬場俊孝	公開済み
第4回	ハザードマップのいろは	香川大学 野々村敦子	公開済み
第5回	どーなってんの、DONET(どうーねっと)	防災科学技術研究所 高橋成実	公開済み
第6回	臨時情報、活かせる	静岡県立大学 楠城一嘉	公開済み
第7回	要配慮者の防災対策	徳島大学 金井純子	公開済み
第8回	防災人材育成	兵庫県立大学 阪本真由美	準備中

v) 地殻活動情報共有のためのダッシュボード開発

開発を開始した地殻活動情報共有のためのダッシュボードの仕様をサブ課題1とサブ課題2の状況を見ながら改定した。サブ課題1からは、震源時空間分布が提供され、気象庁一元化震源とともに表示できるように改定した(図2-8-②-1)。B値等、地震活動の時間遷移が把握できるように考慮した(図2-8-②-2)。1940年代には、日向灘地震、鳥取地震、東南海地震、三河地震、南海地震、福井地震と多くの被害地震が発生しているが、これらの地震とその余震の空間分布遷移が把握することができる。これらの分布から1944年東南海地震と1946年南海地震の前後には、西日本全体での地震活動が活発化していた様子を確認することができる。ゆっくりすべり活動については、他機関から外部公表されている情報を重ねることとしている。また、地震・津波観測監視システム(DONET)の海底水圧計データにより地殻変動成分が提供されることになっているが、現段階では来年度の課題としている。サブ課題2から提供されるデータとして、内閣府提供のM9モデル11ケースの震度階、建物被害と人的被害の図を重ねられるように改定した(図2-8-②-3)。今後、サブ課題1とサブ課題2から提供される情報を付与する予定である。

来年度は、このシステムを防災科学技術研究所のクラウド上に展開し、自治体や基礎自治体、国土交通省地方整備局や地方気象台にアカウントを発行して試用を進め、表示の最適化を図る予定である。

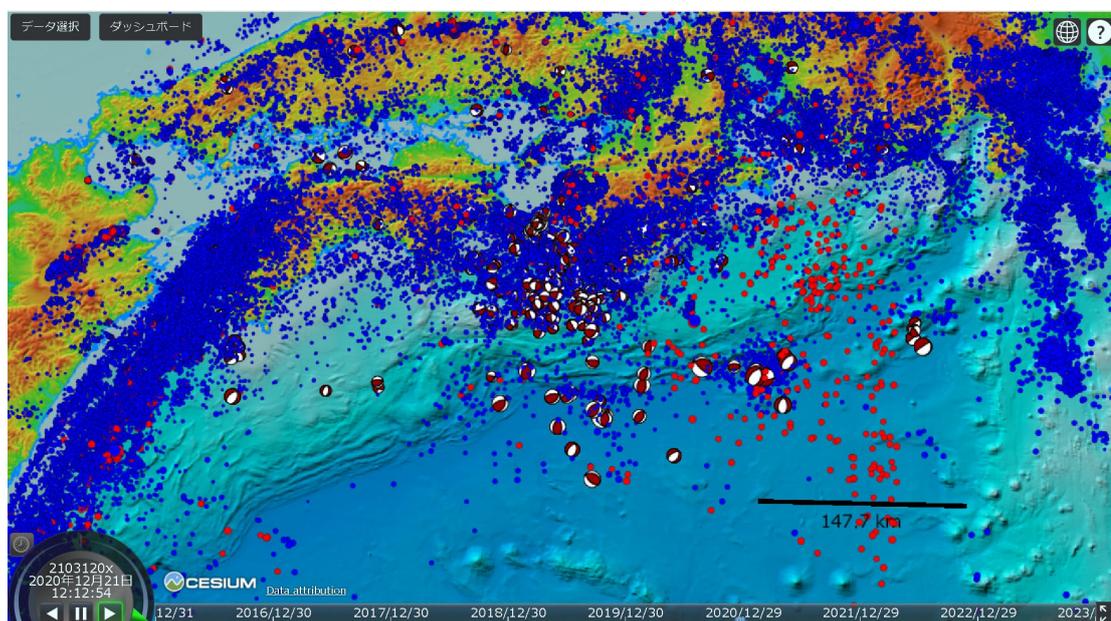


図2-8-②-1 サブ課題1から提供された震源分布(青点)。赤丸は気象庁一元化震源を示す。気象庁一元化震源よりも多くの震源情報が提供されている。

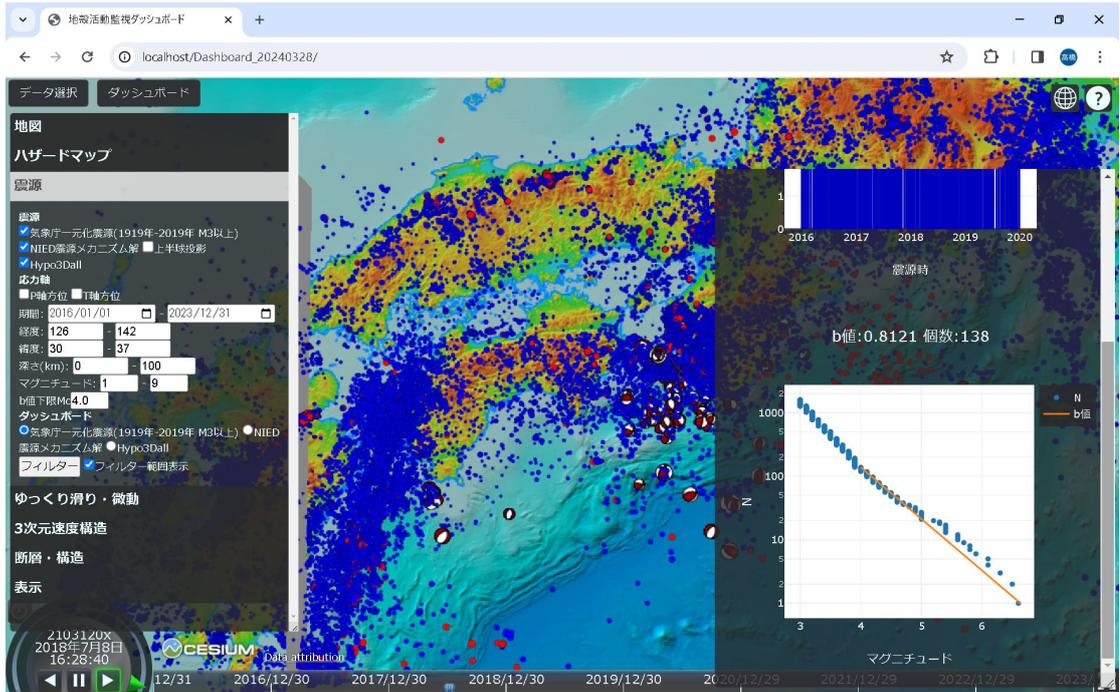


図 2-8-②-2 選択した時空間分布内の b 値を示す。

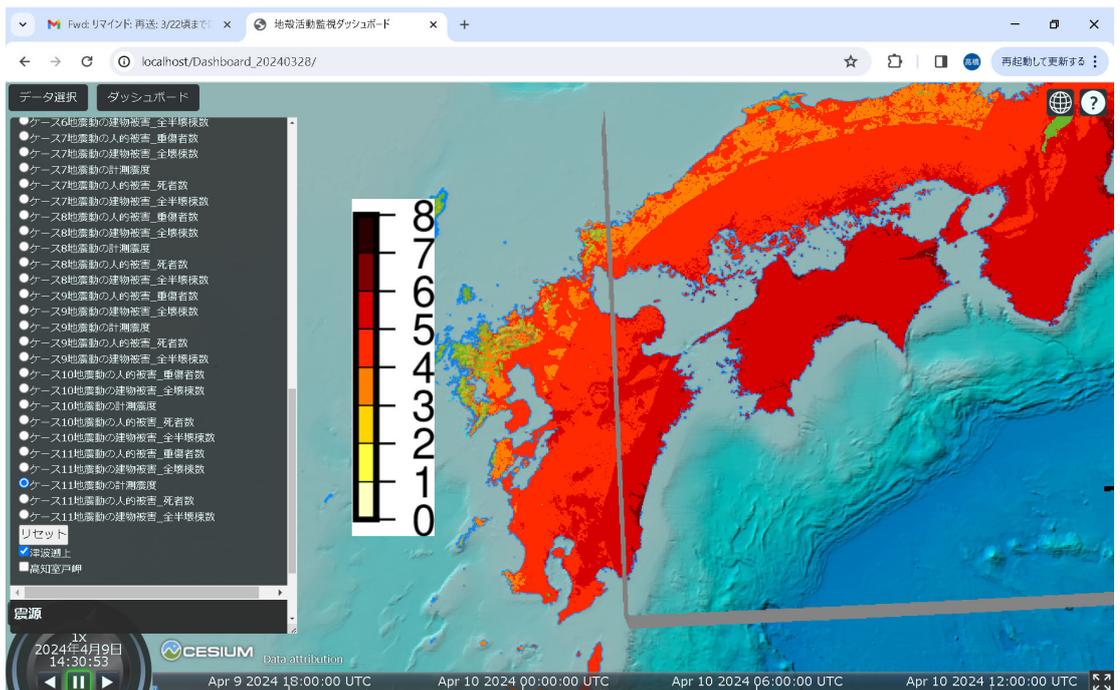


図 2-8-②-3 サブ課題 2 から提供されたハザード情報。ここでは M9 モデルのケース 11 の震度階を示す。

(c) 結論ならびに今後の課題

これまで同様、ハザード評価、複合災害対応、事業継続、人材育成の 4 つをテーマに、年 2 回（一部、合同開催あり）の情報発信検討会を、対面とオンラインのハイブリッドで開催した。

ハザード評価テーマは、想定外をなくすことを念頭に被災イメージを提示して対応の最適解を探る議論を深めた。複合災害対応テーマは、さまざまな複合災害があり、その多種多様で変化にとんだ被災がイメージできることを共有した。また広域支援や広域避難も意識した議論を深めた。事業継続テーマは、ワークショップを中心に南海トラフ地震臨時情報の社会の動きを検証、課題の洗い出しを行った。それら課題への対応をどうするか議論を深めていった。人材育成テーマは教育コンテンツの作成とその効果の検証を大学生中心に行っている。コンテンツを作る側、それを使って教育する側の意識の深化も強く意識した取り組みを行っている。

防災上の重要な課題として本プロジェクトではこの4つのテーマで検討会を行っているが、参加者からの声などから共通して言えることは、4つのテーマの有機的な結びつきが必須なことだ。令和5年度からは、これまでのサブ課題2の社会学的な分野との連携に加え、サブ課題1の理学分野の成果を検討会でも取り入れ、その理学分野の不確定な要素をどう分かりやすく情報発信するか、一般の方々のリテラシーを向上させるためにはどうしたらよいか？ということも意識した。推移予測などの理学分野の内容も聞きたいという声も多く、本プロジェクト内の他の課題との連携や情報共有の重要性と関心の高さを再認識させられた。限られた機会でも、取っ付き難い理学の話題を分かりやすく伝え議論をどの様に深めるか模索中と言える。令和2年度からの5か年事業の出だしはコロナによるオンライン中心の検討会であったために難しかった“顔が見える関係”、“忌憚のない意見が言える関係”も、令和4年度から令和5年度にかけて対面を重視した検討会の実施によって徐々に出来上がっている。令和6年度は最終年度であり、事業終了後も成果の活用やここで構築された繋がりが有機的に活かされ、継続されるための“出口”を意識して取り組みを進めていく。

人材育成のコンテンツ作成準備は着々と進み、防災人材育成のテーマを残すのみとなった。大学生の教養課程もしくは一般の生涯学習のレベルを想定して準備している。シミュレーション結果を含む様々な研究成果や現地での作業風景などもふんだんに取り込まれ、おおむね好評を頂いている。今後、小学生から中学生、高校生向けの人材育成の検討に入る予定である。

地殻活動ダッシュボードでは、サブ課題1とサブ課題2からの成果の実装を開始した。これまでは、気象庁一元化震源など、既存の情報の可視化に限られていたが、それぞれからの研究成果の可視化が進んでいる。来年度に向けて、これらのコンテンツの実装を進め、実際にユーザーのアカウントを発行して、各種データの可視化への意見を募り、最終化を進める予定である。

(d) 引用文献

なし

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

なし

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

③情報リテラシー向上

(a) 業務の要約

サブ課題3では、本プロジェクトによる研究成果が地域や企業の防災対策や施策に利用され災害情報に関する発信側、受信側の相互の立場から、情報を正しく理解する情報リテラシーの向上を図り、災害前、災害時ならびに災害後のそれぞれの状況下で正しい行動を促すことを目的としてきた。南海トラフ地震について知識はあっても行動力につながっていないことから、災害対応評価システムとして設計し、昨年度から引き続きアンケート形式の調査を行った。対象は、香川県と高知県、宮崎県の小中学校、大学において調査を実施、その結果を分析した。

並行して分析と設問の見直しも行った。一般向けの設問は、小中学生向けの設問よりも設問数を多く設定し、居住地域や職種、職場地域、年代、環境を共通で問う事項として、知識（地震、津波、リスク、災害史、ハザードマップ）、備え（避難準備、事前準備、備えの意識）、行動（積極性、人に頼る力、グローバル指向）、未来志向（地域愛、楽観性、地元志向）、経験（被災経験、訓練、コミュニケーション、社会性、統率）、情報リテラシー（情報収集、情報への信頼性の意識）、臨時情報（臨時情報への理解、自らの行動への意識）、判断力（地震・津波規模の把握、被害の即時イメージ、避難行動への即時性）を問うものとして地域の防災部局の方のご協力のもと、試験的な調査を試行した。

これらの設問の見直しに応じてオンラインアンケート・評価システムの改良を実施、適宜、小学生向け、中学生向け、大学生以上の一般向け、防災意識尺度（尾関・島崎，2017）¹⁾の各設問群をオンライン上で選択できるように改良した。これまで設問数が多く、なかなか回答数が伸びなかった状況があったが、これらを大分類と小分類を設問ごとに整理し、5つの設問群に分けたことで回答数が大幅に伸びた。防災意識尺度は既に全国モデルを有しているため、相対的な比較が可能である。

防災意識尺度からは、地域の防災意識や職業ごとの特性が把握できつつある。高校生や大学生にも協力頂いていることから、これらの解析を進めて、今後の教育方針や人材育成に活かすことを考えている。アンケート調査の定点観測からは、それぞれ授業の介入による効果は確認できたが、もう少し長期的な取り組みが必要である。

(b) 業務の成果

サブ課題3では、ハザードマップやリスク評価など様々な防災関連情報をどう伝わっているのかを確認するためにアンケート調査を実施し、災害情報リテラシーを向上させるための知見を取得しようとしている。これまで、150問程度の設問を用意してきたが、アンケート回答者にとって、大量の設問数は十分な回答を得られずに終わってしまうことが多かった。そのため、5つの設問群に分けて、回答者には好きな設問群を選んでもらうように変更した。これにより、設問数は20-30程度になり、回答者数を伸ばすことにつながることができた。設問群に分けるにあたっては、各設問に大分類と小分類のキーワードを付与し、5つの設問群で同じ分類の設問が重ならないように分散させ、偏りなく調査できるように配慮した(図2-8-③-1)。

また、アンケートの設問をクラウド上に展開し、アンケート実施にあたり、紙媒体での配布など、アンケート調査の協力者に負担がかからない体制を維持した。さらに、アンケート全体をまとめて閲覧可能な集約ページを作成し、回答者が各アンケートにアクセスしやすいようにユーザインターフェースを改良した。防災意識尺度の回答は必須とした。選択となる一般向けアンケート5つは回答数にむらが出ないようにするため、毎月表示順序を変更する対策を行った。(図2-8-③-2)

<input type="checkbox"/>	332155	▶	一般向け_設問群5_南海トラフPJ防災意識変化アンケート(令和5年8月)	Default Survey Group	30.07.2023	水井@NIED	はい	29	113	142	いいえ	
<input type="checkbox"/>	332154	▶	一般向け_設問群4_南海トラフPJ防災意識変化アンケート(令和5年8月)	Default Survey Group	30.07.2023	水井@NIED	はい	35	101	136	いいえ	
<input type="checkbox"/>	332153	▶	一般向け_設問群3_南海トラフPJ防災意識変化アンケート(令和5年8月)	Default Survey Group	30.07.2023	水井@NIED	はい	55	103	158	いいえ	
<input type="checkbox"/>	332152	▶	一般向け_設問群2_南海トラフPJ防災意識変化アンケート(令和5年8月)	Default Survey Group	30.07.2023	水井@NIED	はい	122	225	347	いいえ	
<input type="checkbox"/>	332151	▶	一般向け_設問群1_南海トラフPJ防災意識変化アンケート(令和5年8月)	Default Survey Group	30.07.2023	水井@NIED	はい	99	291	390	いいえ	

図2-8-③-1 5分割されたアンケート(クラウドシステム管理画面)

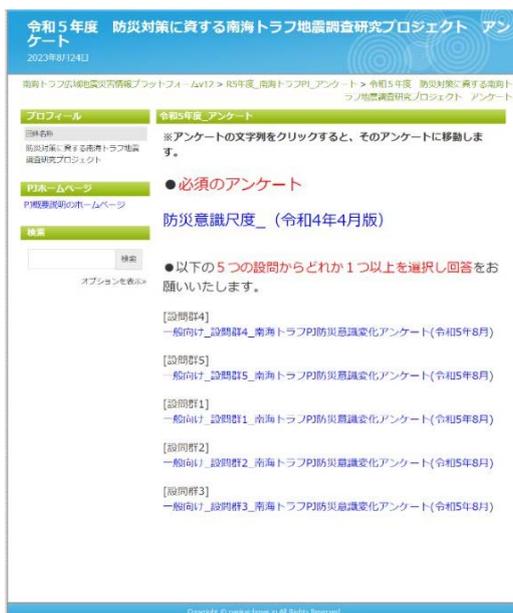


図2-8-③-2 アンケート集約ページ

アンケート調査を実施するにあたり、防災意識尺度との併用も行っている。防災意識尺度¹⁾²⁾から示される傾向とアンケート調査から示唆される傾向との整合性を確認するためである。図2-8-③-3にアンケート調査に協力して頂いた方の地域分布と職業分布を示す。サブ課題3では、南海トラフ沿岸地域の地域防災を支える方々との共創を考えてきた。また、未来の地域防災を支える人材として学生への関与を強めてきたところである。このアンケート調査は、必ずしもサンプリングが均質ではないが、それぞれの地域の特徴を今後整理する必要がある。

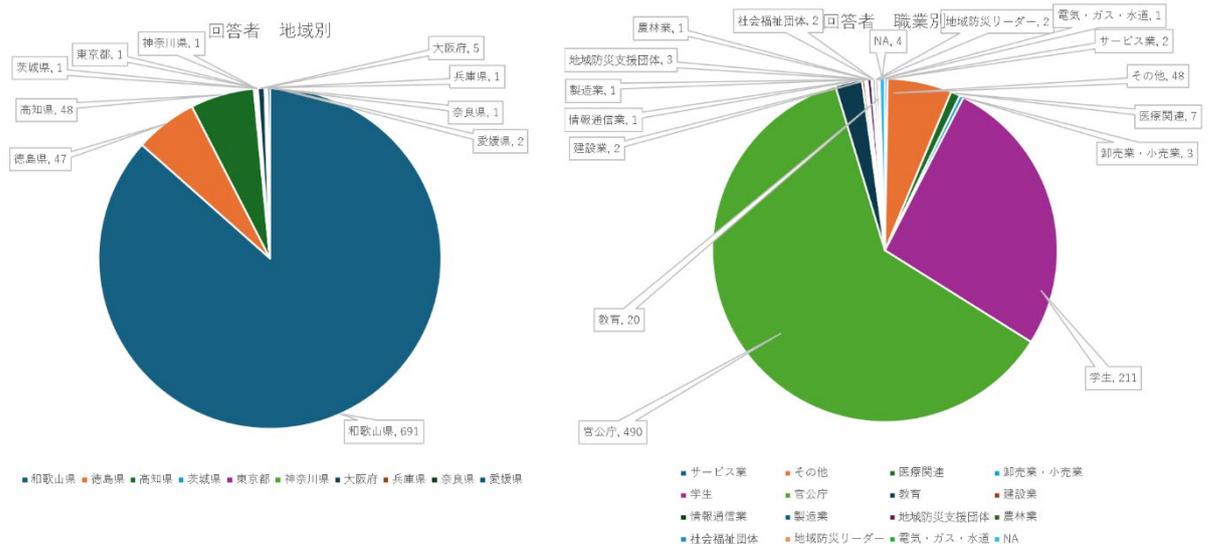


図2-8-③-3 アンケート回答者の地域別（左）、職業別分布（右）。

ここで防災意識尺度から示された各地域の傾向について述べる。ここでは5つの因子「被災状況に対する想像力」、「災害に対する危機感」、「他者指向性」、「災害に対する関心」、「不安」について、各地域の傾向を示した。図2-8-③-4は市区町村別の防災意識尺度のzスコアの分布を示しており、各因子に関して地域間での差異やばらつきを視覚的に表現している。なお、データがランダムサンプリングではないため、代表性の問題があることに留意する必要があるが、これ以降は手元のデータについて検討を進めた内容を記載する。

因子1「被災状況に対する想像力」の分析結果によると、岩出市、和歌山市、白浜町は、他の市区町村と比較して、平均値が高く、被災状況に対する想像力が全国平均よりも高いことが示された。また、高知市、田辺市、土佐清水市では、被災状況に対する想像力に関する回答に大きなばらつきが見られた。特に高知市では標準偏差が大きく、回答者間での評価の差が顕著であった。因子2「災害に対する危機感」の分析結果に基づく、田辺市、白浜町、那智勝浦町は他の市区町村と比較して平均値が高く、災害に対する危機感が高いことが示された因子3「他者指向性」の分析では、岩出市、和歌山市、すさみ町の平均値が高く、他者指向性が高いことが示された。これらの地域では、社会や人のために何かをしようとする心が強く存在していることが伺える。反対に、平均値が低い地域は那智勝浦町、高知市、土佐清水市であり、これらの地域では他者指向性低

いことが示唆された。また、他者指向性の評価に大きなばらつきが見られた地域は高知市、田辺市、岩出市である。特に高知市では標準偏差が非常に大きく、地域内での意識の差が顕著であった。因子4「災害に対する関心」の分析によれば、高知市、和歌山市、岩出市は他の市区町村に比べて平均値が高いことが示された。これらの地域では、災害への興味や関心が特に強く、防災に関連する情報や活動に対する意識が高いことが伺える。さらに、関心の程度におけるばらつきが大きい地域としては、和歌山市、すさみ町、上富田町が挙げられる。特に和歌山市では標準偏差が非常に大きく、地域住民間での災害に対する関心の度合いに大きな差があることが明らかになった。因子5「不安」に関する分析では、岩出市、白浜町、上富田町の平均値が高く、災害に対する不安が高いことが示された。これらの地域では、災害に対する心配や懸念が強く、住民が災害への備えに積極的である可能性が考えられる。一方、平均値が低い地域はすさみ町、土佐清水市、那智勝浦町であり、これらの地域では災害に対する不安が低いことがわかった。また、不安の程度において大きなばらつきが見られた地域は和歌山市、高知市、上富田町である。特に和歌山市と高知市では標準偏差が非常に大きく、地域住民間での災害に対する不安の度合いに顕著な差があることが明らかになった。総合得点はいずれの市町村でも、全国平均を上回っていた。特に岩出市、和歌山市、白浜町は、他の市区町村と比較して平均値が高く、防災意識が特に高い水準にあることが示された。これは、これらの地域で防災に関する意識や取り組みが積極的に行われていることを反映している可能性が高い。一方で、平均値が相対的に低い地域として那智勝浦町、徳島市、土佐清水市が挙げられるが、これらの地域も全国平均よりは高い水準にある。ただし、他の市区町村と比較して相対的に低いため、防災意識のさらなる向上が望まれる。また、総合得点におけるばらつきが大きい地域としては、高知市、岩出市、すさみ町が挙げられる。これらの地域では防災意識の水準に大きな差があり、地域住民の防災意識に関するアプローチやプログラムを多様化する必要があると考えられる。因子ごとに市区町村間で顕著な差異が見られた。特に被災状況に対する想像力（因子1）、災害に対する危機感（因子2）、他者指向性（因子3）、災害に対する関心（因子4）、不安（因子5）の領域で、高いスコアを示す地域と低いスコアを示す地域がることがわかった。全体的には、分析対象の市区町村の多くで防災意識の総合得点が全国平均を上回る結果となった。これは、これらの地域が一定程度の防災意識を有していることを示唆している。各因子のスコアにおいて、地域内での意識のばらつきが顕著な地域が存在した。この多様性は、地域ごとに異なる防災教育や啓発活動が必要であることを示しており、個別のニーズに対応したアプローチの重要性を示している。一部の地域では、特定の因子において全国平均に比べて低いスコアを示しており、防災意識のさらなる向上が必要である。これらの地域では、特に防災教育や地域コミュニティの強化、心理的サポートの充実などが効果的であると考えられる。本分析により、市区町村別の防災意識の現状と特性が明らかになった。防災意識の全体的な水準は比較的高いものの、地域間の差異、特に各因子における意識の差が顕著であることが確認された。今後は、地域のニーズに応じた防災対策の強化と、住民の防災意識をさらに高めるための継続的な取り組みが求められる。

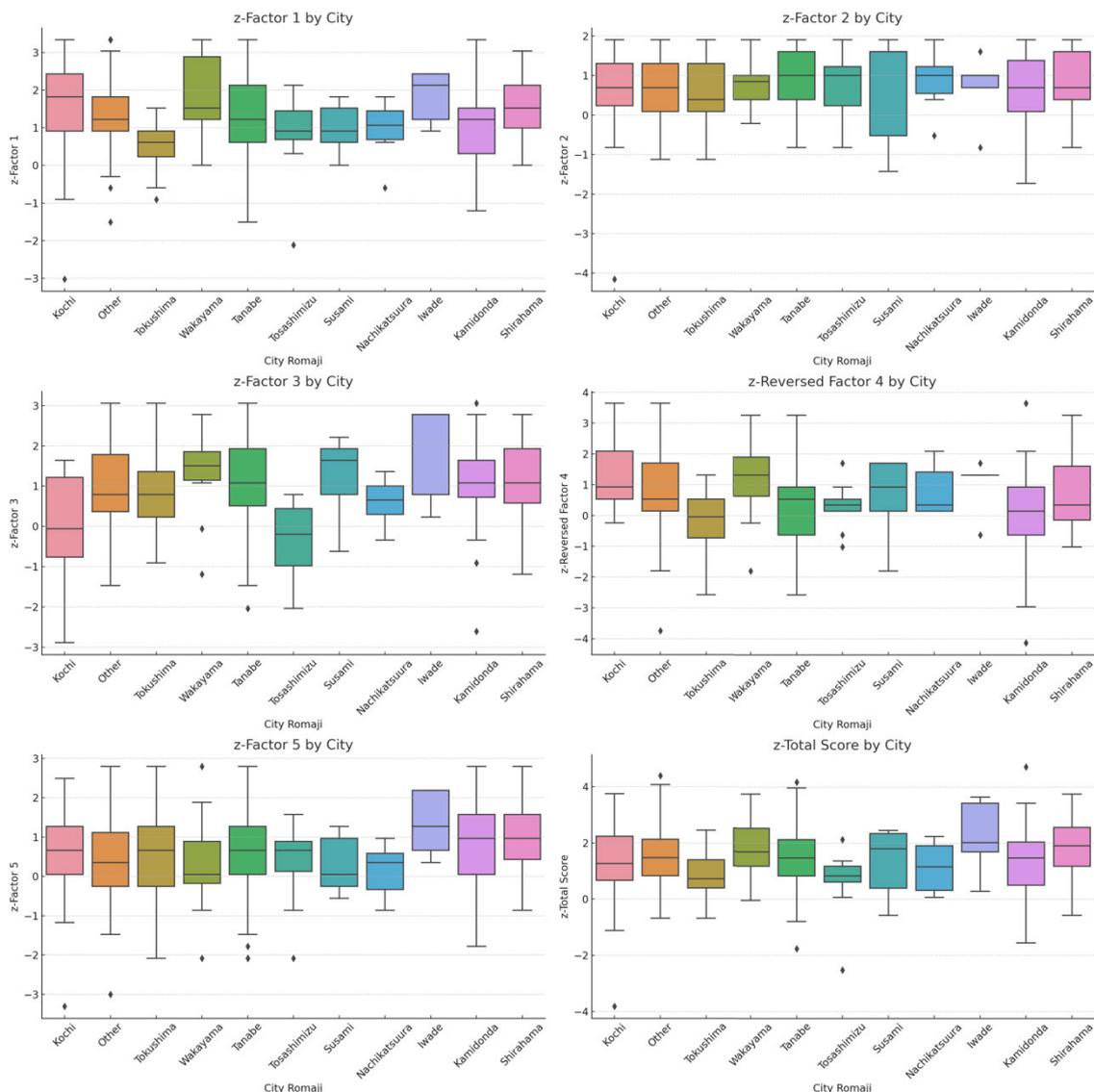


図 2 - 8 - ③ - 4 市区町村別の防災意識尺度の z スコアの比較

図 2 - 8 - ③ - 5 は防災意識の各因子の 2023 と 2024 年のデータの分布を示している。回答者が異なるため単純な比較は難しいが、手元のデータで回答時期による防災意識の違いを分析した。防災意識尺度における因子 1「被災状況に対する想像力」の 2023 年と 2024 年の比較分析により、2024 年の z スコアが 2023 年に比べて統計的に有意に高いことが明らかになった ($p = 0.0038$)。この結果は、被災状況に対する想像力が向上している事を示しており、防災教育や啓発活動が効果を上げていると考えられる。防災意識尺度の因子 2「災害に対する危機感」について 2023 年と 2024 年を比較した統計分析では、2024 年の平均 z スコアが若干高くなったものの、この差は統計的に有意ではなかった ($p = 0.0577$)。これは、一年の間に災害に対する危機感に顕著な変化が見られたとは言えない。因子 3「他者指向性」の年間比較では、2024 年の z スコアが 2023 年に比べて統計的に有意に高くなっており ($p < 0.0001$)、これは災害時に地域社会や他者への協力意識が顕著に向上したことを示唆している。一方、因子 4「災害に対する

関心」においては、兩年間の平均 z スコアに統計的に有意な差は見られず ($p = 0.7734$)、災害に対する関心の度合いはほぼ一定であった。因子 5 「不安」に関しても、2024 年のスコアが若干高くなったものの、この差は統計的に有意ではなかった ($p = 0.1643$)。これは、災害に対する不安感が一定期間にわたって比較的安定していることを示している。総合得点に関しては、2024 年が 2023 年に比べて統計的に有意に高く ($p = 0.0006$)、これは総じて防災に関する意識が向上していることを示している。これらの結果から、特に「被災状況に対する想像力」、「他者指向性」、総合得点においては意識の向上が顕著であり、防災意識全般に対する取り組みが効果を上げ始めている可能性がある。不安は高すぎても低すぎても良くないので、介入が必要かどうか議論の余地があるが、災害に対する関心に関しては、さらなる意識の向上を図る必要がある。

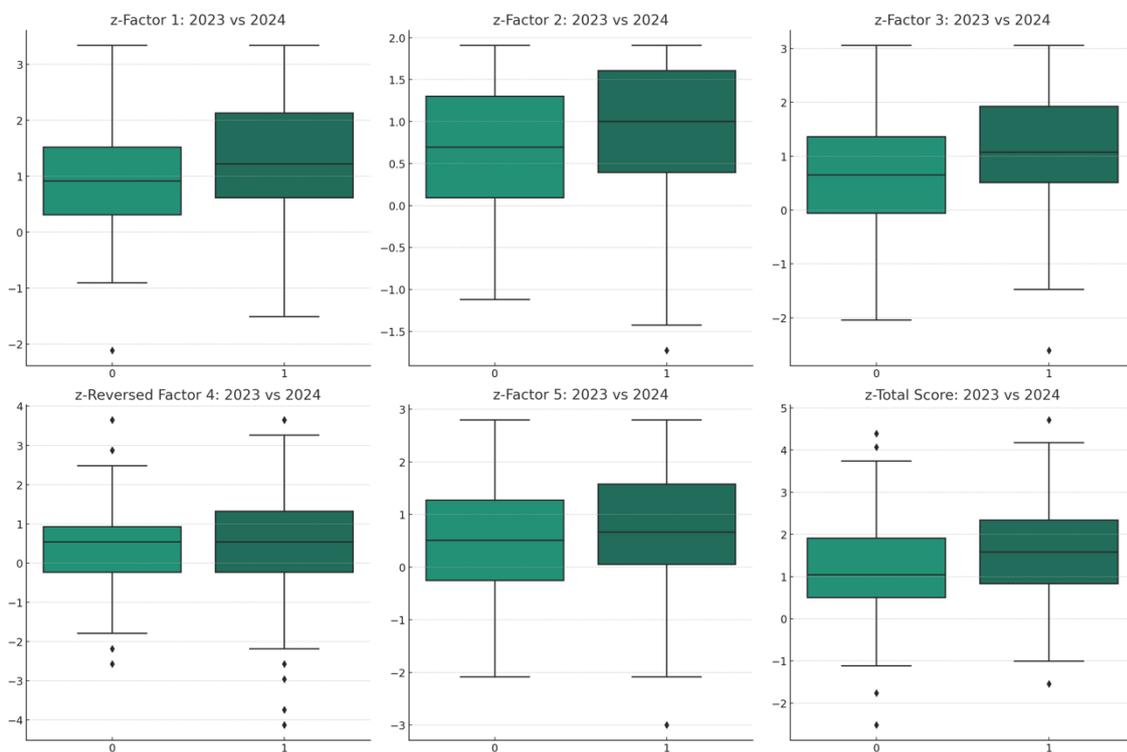


図 2-8-③-5 回答年別の防災意識尺度の z スコアの比較

図 2-8-③-6 は属性別の防災意識尺度の z スコアの分布を示しており、各因子に関して属性間での差異やばらつきを視覚的に表現している。なお、データがランダムサンプリングではないため、代表性の問題があることに留意する必要があるが、これ以降は手元のデータについて検討を進めた内容を記載する。因子 1 「被災状況に対する想像力」の属性別分析によれば、公務員、その他、学生、教員の各属性において異なる傾向が確認された ($F = 2.899$, $p = 0.035$)。公務員とその他の属性は比較的高い平均 z スコアを示し、これらの属性が被災状況を想像する能力において高いスコアを得ていることが示された。学生も一定の想像力を示すが、教員は他の属性と比べて顕著に高いスコアを示した。教員の意識が高いことは防災教育や想像力の養成において重要な役割を果たすと考えられる。公務員やその他の属性においても、被災状況を想像する能

力が比較的高いことから、これらの属性に対する防災意識の向上や教育の充実が期待される。学生に関しては、想像力をさらに高めるための教育や訓練が有効であると考えられる。因子2「災害に対する危機感」の分析では、属性間での平均zスコアに統計的に有意な差異は確認されなかった。因子3「他者指向性」に関しては、属性間での平均zスコアに統計的に有意な差異が確認された。公務員はこの因子において低いスコアを示し、他者への協力や共感の意識が他の属性に比べて低いことが明らかとなった。一方、教員、その他、学生は他者指向性が比較的高く、災害時の共助の意識が強いことが伺える。因子4「災害に対する関心」の分析では、教員、公務員、その他、学生の各属性間で顕著な差が見られた ($F = 15.30, p = 2.93e-09$)。教員は平均zスコアが1.51と最も高く、災害に対する関心が強いことが示された。一方、学生は平均zスコアが0.20と最も低く、災害に対する関心が相対的に低いことが明らかになった。因子5「不安」に関しては、属性間で差異が見られた ($F = 3.52, p = 0.015$)。学生は平均zスコアが0.74と最も高く、災害に対する不安が強いことが示された。一方、その他の属性は平均zスコアが0.24と最も低く、不安が比較的少ないことが示された。災害に対する危機意識や準備の違いが、不安感に影響を与えている可能性がある。防災意識の全体的な水準を示す「総合得点」では、属性間での統計的に有意な差は確認されなかった。これらの結果から、特に教員における高い災害に対する関心と防災意識が注目される。教員が災害への意識高揚や防災教育において重要な役割を果たしていることが伺える。また、学生は災害に対する不安が高い一方で、災害に対する関心が低いことが示されたため、学生向けの防災教育や情報提供の充実が重要であると考えられる。公務員における比較的低い防災意識については、教育プログラム等の見直しが必要であるかもしれない。総じて、各属性における防災意識の違いを踏まえると、それぞれの特性に応じた教育プログラムや啓発活動が効果的であると考えられる。特に、災害に対する関心が高い教員が担う役割は、他の属性への防災意識の伝播においても重要である。また、学生に対する災害に関する情報提供や教育の強化は不安感を軽減し、より効果的な防災準備に繋がる可能性がある。

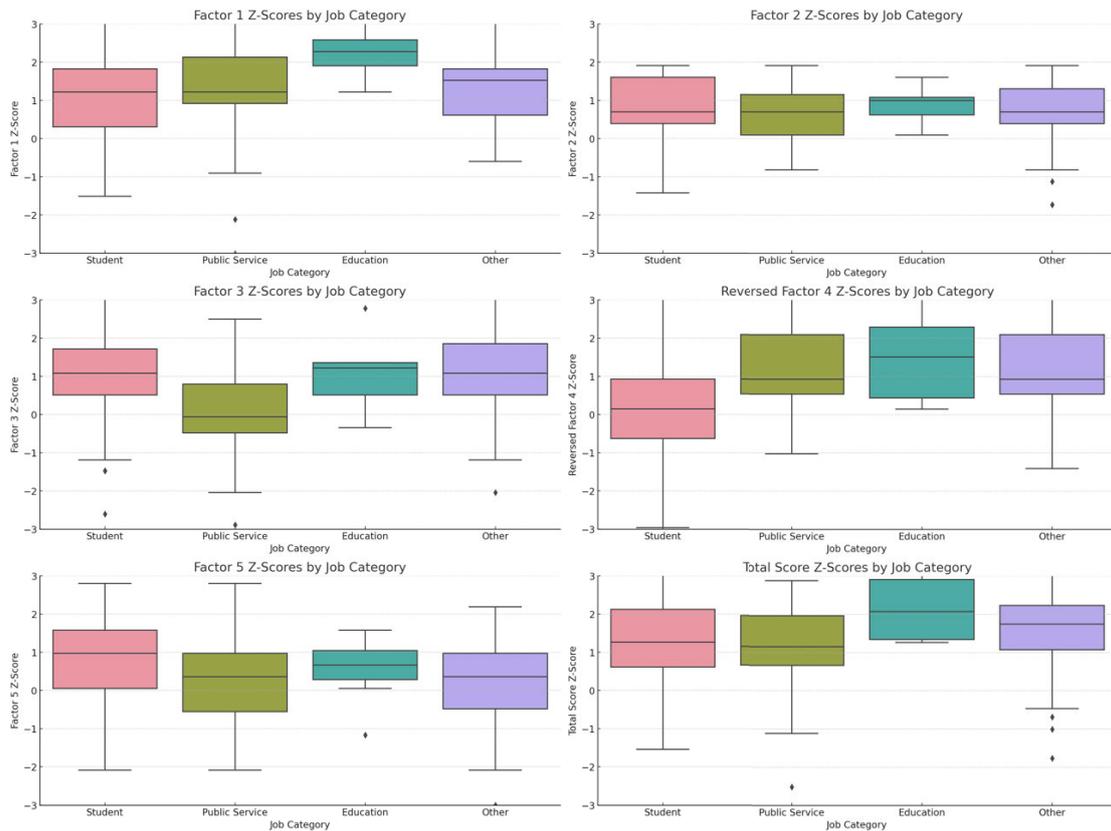


図 2-8-③-6 属性別の防災意識尺度の z スコアの分布

次にアンケート調査による定点観測について述べる。定点観測では、香川県 3 小学校、高知県 3 小学校、2 中学校、1 大学、宮崎県 1 小学校、1 大学において授業を前後のアンケート調査を行った。また、地域コミュニティを対象とした調査は香川県さぬき市において実施した。この調査は、授業の前後を一組として原則として年 2 回実施している。小学生向けアンケート内容を表 2-8-③-1 に示す。

表 2-8-③-1 小学生向けアンケート例

未来志向	自分の将来（しょうらい）の夢（ゆめ）を持っていますか。
未来志向	夢（ゆめ）を実現（じつげん）するためにいろいろ勉強（べんきょう）や練習（れんしゅう）をしていますか。
未来志向	インターネットやロボットの利用（りよう）が進む一方で地球温暖化（ちきゅうおんだんか）も進む中、これから世の中がどうなるか考えたことがありますか。
未来志向	自分たちがこれからの日本や世界をつくっていくと考えていますか。そのために必要なことは何だと思えますか？ 〈 〉の中に書いてください。
未来志向	10 年後の自分たちの町をどのようにしたいですか？ 〈 〉の中に書いてください。
未来志向	大地震（だいじしん）が発生した後、あなたの町を元気にするためには何をしたらよいか考えたことがありますか。
知識	「震度（しんど）」という言葉を知っていますか。
知識	「マグニチュード」という言葉を知っていますか。
知識	「震度（しんど）」と「マグニチュード」は同じ意味だと思えますか。
知識	「津波（つなみ）」という言葉を知っていますか。
知識	「津波（つなみ）」が発生した時に起きる波に「引き波（ひきなみ）」というものがありますが、この言葉を知っていますか。
知識	「南海トラフ地震（じしん）」という言葉を知っていますか。
知識	建物が地震（じしん）に耐（た）えられるように「耐震（たいしん）基準（きじゅん）」というものがあると聞いたことがありますか。
知識	「南海トラフ地震（じしん）」が起きたとき、津波（つなみ）が来ることを知っていますか。
知識	「津波（つなみ）」の回数（かいすう）について知っていますか。
知識	「津波（つなみ）」がどのようにして発生するか、知っていますか。

知識	「南海トラフ地震(じしん)」が起きたとき、津波(つなみ)がどこまで来るか知っていますか。その場所を〈 〉の中に書いてください。
知識	「津波(つなみ)」が沖から海岸に近づいてくる時、その高さがだんだん高くなることを知っていますか。
知識	津波(つなみ)は少しの浸水(しんすい)でも危(あぶ)ないことを知っていますか？
知識	建物(たてもの)の間のようなせまい場所を進む時、津波(つなみ)の流れが速くなることを知っていますか。
知識	津波(つなみ)は狭(せま)いところを流れると流れが速(はや)くなることを知っていますか？
知識	「津波」の流れは、深さがどのあたりまで来たら人が立っていられなくなると思っていますか。(ひざ、腰、胸)
知識	昔、「津波(つなみ)」が来たことがあると、家族や近所の人から聞いたことがありますか。
知識	「南海トラフ地震(じしん)」はどのようにして起きるか、知っていますか。
知識	南海トラフ地震でまわりに壊(こわ)れたりするものが出ると思っていますか？
知識	「南海トラフ地震(じしん)」が起きたとき、自宅の周(まわり)の最大震度(最も大きなゆれ)はどれくらいと予想されているか、知っていますか。
知識	「南海トラフ地震(じしん)」で予想される最大震度(最も大きなゆれ)の数値を〈 〉の中に答えてください。
知識	「南海トラフ地震(じしん)」はくり返し起きることがあるのを知っていますか。
知識	「南海トラフ地震(じしん)」が起きると、続いて陸でも大きな地震(じしん)が起こることがあるのを知っていますか。
知識	「南海トラフ地震(じしん)」が起こると、続いて火山が噴火(ふんか)することがあるのを知っていますか。
知識	大地震(じしん)が発生したとき、家族(かぞく)でにげる場所(ばしょ)を決めていますか。「はい」と答えた人へ。その場所はどこですか。
知識	大きい地震(じしん)が起きると、がけ崩(くず)れが発生(はっせい)するかもしれないことを知っていますか。
知識	学校で地震(じしん)が発生(はっせい)したら、最初(さいしょ)に何をしなければいけないか、知っていますか。「はい」と答えた人へ。最初にしなければならないことを〈 〉の中に説明(せつめい)してください。
知識	学校でたくさんの人とにげるときには、どんなことに注意しなければならぬと思っていますか。〈 〉の中に説明してください。
知識	1995年に兵庫県(ひょうごけん)を中心に大きな被害(ひがい)が発生(はっせい)した阪神・淡路大震災(はんしん・あわじだいしんさい)を知っていますか。
知識	2011年に東北(とうほく)や関東(かんとう)で大きな被害(ひがい)が発生(はっせい)した東日本大震災(ひがしにほんだいしんさい)を知っていますか。
知識	2016年に熊本(くまもと)で大きな被害(ひがい)が発生(はっせい)した熊本(くまもと)地震(じしん)を知っていますか？
備え	友だちや近所の人と地震(じしん)が起こったら、どうするか話したことがありますか。
備え	家にいる時に地震(じしん)が発生したら、最初に何をしなければいけないか知っていますか。「はい」と答えた人へ。最初にしなければならないことを〈 〉の中に説明してください。
備え	大地震(じしん)が発生したとき、家族でにげる場所を決めていますか。「はい」と答えた人へ。その場所はどこですか。
備え	家の家具(かぐ)は壁(かべ)や天井(てんじょう)に固定(こてい)されていますか？
備え	避難(ひなん)するときに持ち出すものをそろえていますか？
経験	大地震(じしん)が発生してにげる時、何を持っていけばよいか知っていますか。持っていけばよいと思うものを〈 〉の中に書いてください。いくつでもかまいません。
経験	ボランティアのお手伝いをしたことがありますか？
経験	防災訓練(ぼうさいくんれん)の時に周(まわり)の人に声(こゑ)がかけられますか。
経験	困っている人を見たら声をかけたり手伝(てつだ)うことができますか。
経験	南海(なんかい)トラフ地震(じしん)が起(お)きた時、近所(きんじょ)のお年寄(としよ)りににげるよう声をかけることができますか。
経験	学校で何かのリーダーをやったことがありますか？
経験	地震(じしん)や津波(つなみ)で壊(こわ)されたり流(なが)されたりすることを考えたことがありますか？
経験	震度(しんど)と津波(つなみ)の想定(そうてい)の図を見たことがありますか？
経験	地震(じしん)で停電(ていでん)した時は何をしますか？
行動	ふだん、積極的(せっきよくてき)に発言(はつげん)したり、行動(こうどう)したりしますか。
行動	防災訓練(ぼうさいくんれん)に参加したことがありますか？
行動	消火器(しょうかき)を使ったことがありますか？
行動	避難(ひなん)する場所(ばしょ)までの道路(どうろ)に危(あぶ)ないところがありますか？
行動	防災(ぼうさい)についてのニュースや新聞記事(しんぶんきじ)をよく見ますか？
行動	友だちと相談(そうだん)やいろいろな話をしていますか？
行動	防災(ぼうさい)のための「まち歩き」をしたことがありますか。
判断力	海(うみ)の近(ちか)くにいて強(つよ)い揺(ゆ)れが5分以上(いじょう)続(つづ)きました。津波(つなみ)が来(く)ると思(おも)いますか。
判断力	テレビを見ていたら津波(つなみ)警報(けいほう)が出ました。すぐ高台(たかだい)に逃(に)げますか。<すぐ高台(たかだい)に逃(に)げる・揺(ゆ)れがおさまってから逃(に)げる・逃(に)げる心配(しんぱい)はない> わかりません。<逃(に)げる心配(しんぱい)はない>または「わかりません」と答えた人へ。どうすることがあれば逃(に)げようと思(おも)いますか？
判断力	テレビを見ていたら津波(つなみ)注意報(ちゅういほう)が出ました。逃(に)げる心配(しんぱい)はないと思(おも)いますか？
判断力	自分(じぶん)が住(す)んでいるところはこれからも地震(じしん)について安心(あんしん)だと思(おも)いますか。

アンケート調査は、授業前後で回答の傾向を分析して授業の効果を測るため、昨年度実施したものと同様の設問で実施した（表2-8-③-1）。授業は、地震に関する基礎知識、地震発生メカニズム、津波に関する基礎知識、津波発生メカニズムに関する内容をスライドや動画を使って説明した（写真2-8-③-1）。授業後には、家屋構造と耐震性に関する実験（デモンストレーション）を行った（写真2-8-③-2）。これらの質問は、地震や津波に関連することばについて「聞いたことがあるか」、地震や津波に関する現象を「知っているか」、被害を抑えることに繋がる「対策」について知っているか、もしくは実施しているか、自ら行動を起こして事前防災対策を「経験」しているか、被災後の対応を含め、自分が住む町の将来を考えているか、について定量化することを考えて質問を「災害に関する用語を聞いたことがある」「災害を理解している」「南海トラフを理解している」に分類して4点を満点として得点化し、講義前後での変化を調べた。災害に関する用語については、講義前から多数の回答者が「聞いたことがある」と回答したものとそれ以外に分けた。データは、地域ごと、生徒の種別ごと（小学生・中学生・大学生）に集計した。「経験」「対策」「思考」についても同様の方法で、5点を満点として得点化した（図2-8-③-7~16）。難しい用語について聞いたことがあるかという問いに対しては、小学生では、高知県では講義前から「聞いたことがある」との回答が40%程度であった（図2-8-③-⑨）。香川県では4点が1割程度であったが（図2-8-③-7）、講義後は2割～3割の生徒が満点へと移行した（図2-8-③-7~10）。中学生では講義前から聞いたことがあるという回答が4点満点だったのは3割程度であるのに対して（図2-8-③-11）、大学生では高知県、宮崎県ともに7割程度と類似した傾向が見られた（図2-8-③-13, 15）。一方、経験、対策、思考に関する質問では、小学生では講義前後で変化は見られたものの、統計的に有意な差が出るまでには至らなかった。一方、高知県大学生では、とくに多くの項目に関して講義を通して統計的に有意な差が見られた。今後は、用語を聞いたことがあること、メカニズムを理解していることが、経験や対策にどのように影響をしているか分析する。



写真2-8-③-1 講義風景



写真2-8-③-2 実験（デモンストレーション）

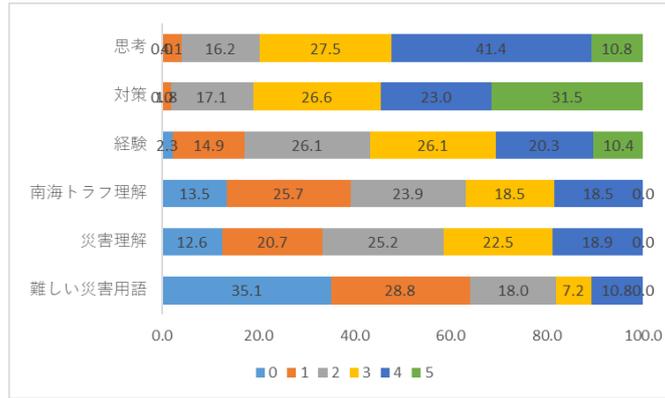


図 2-8-③-7 香川県小学生講義前 (第1回講義)

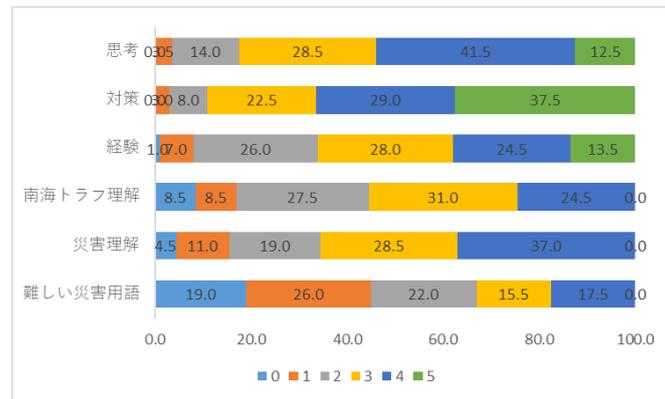


図 2-8-③-8 香川県小学生講義後 (第1回講義)

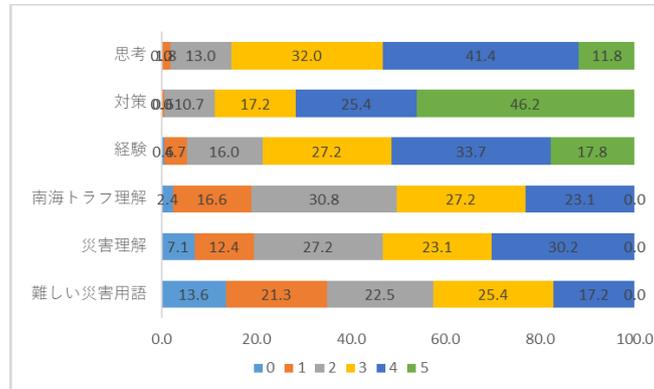


図 2-8-③-9 高知県小学生講義前 (第1回講義)

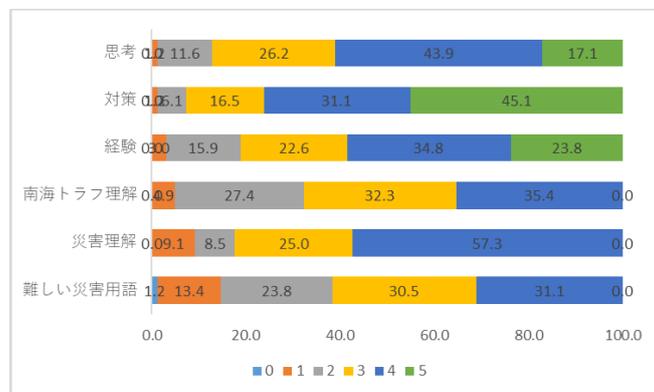


図 2-8-③-10 高知県小学生講義後 (第1回講義)

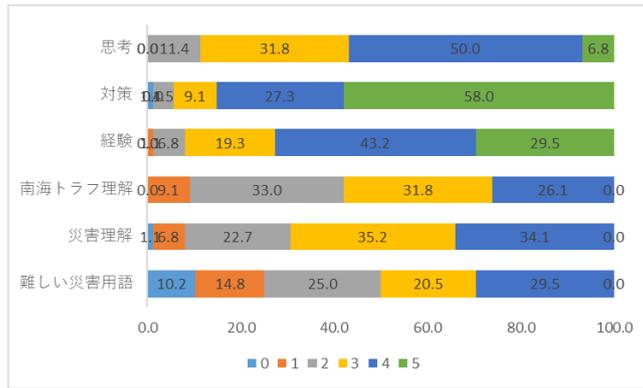


図 2-8-③-11 高知県中学生講義前 (第 1 回講義)

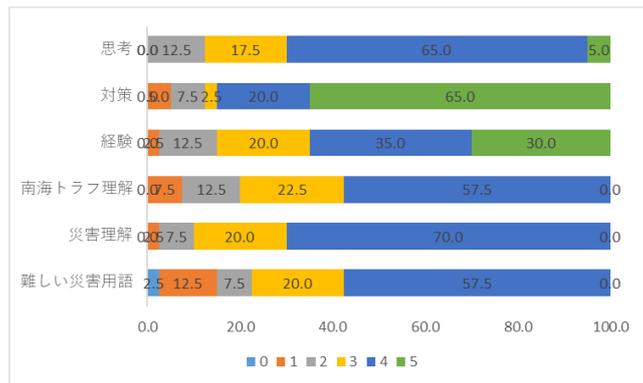


図 2-8-③-12 高知県中学生講義後 (第 1 回講義)

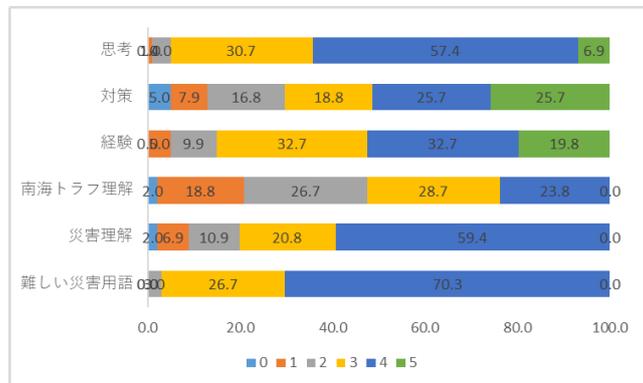


図 2-8-③-13 高知県大学生講義前 (第 1 回講義)

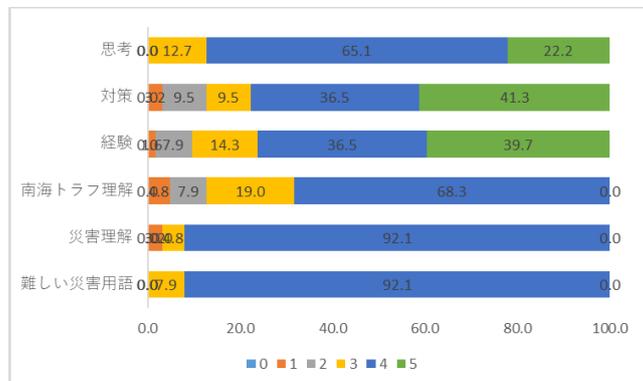


図 2-8-③-14 高知県大学生講義後 (第 1 回講義)

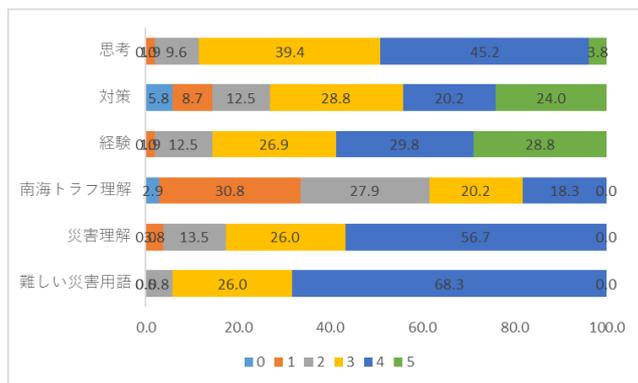


図 2-8-③-15 宮崎県大学生講義前（第1回講義）

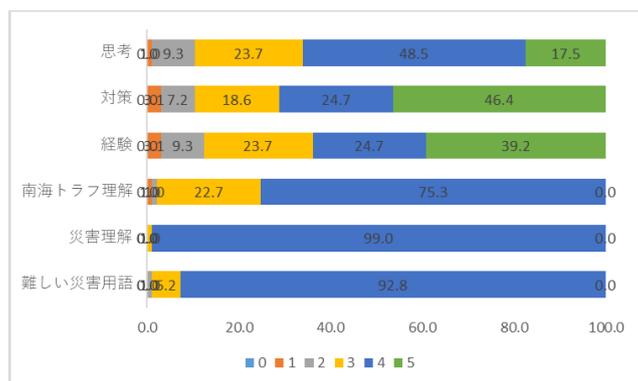


図 2-8-③-16 宮崎県大学生講義後（第1回講義）

(c) 結論ならびに今後の課題

南海トラフ沿岸の自治体や基礎自治体、大学に協力して頂き、のべ800近い回答数を得ることができた。これまで回答数がなかなかのびなかったが、設問数が多く、最後まで回答に至らない被験者が続出していたことを考慮し、設問に属性を付け、大分類と小分類で整理した上で、5つの設問群に分けた。ある設問群に偏らないように、オンラインのシステムでは設問群の順序を入れ替えながら満遍なくアンケートの回答が得られるように工夫した。

防災意識尺度からは、地域ごとの防災意識の特徴が示されている。一部ばらつきが大きいところもあるが、地域を支える県や市の職員とともに学生も含まれている。職業ごとの特性も明確になり、今後学生へ防災意識を高めるための教育や人材育成に活かすことを考えていきたい。

アンケート調査による定点観測では、香川県、高知県、宮崎県を中心に小学校、中学校、大学で授業の介入による防災リテラシー向上の取り組みを進めてきた。定期的を実施してきた効果を測定するには長期間の取り組みが必要であり、来年度に評価を出したい。

(d) 引用文献

- 1) Ozeki, M., K. Shimazaki, and Yi, T., Exploring elements of Anti-disaster Consciousness: Based on Interviews with Anti-disaster Professionals, J. Disaster Res., 12, 3, 631-638, 2017.
- 2) Shimazaki, K., and M. Ozeki, Development of a Scale for Disaster-Prevention Consciousness - Structure of Disaster-Prevention Consciousness of Those Who Lack Expertise in Disaster Prevention, J. Disaster Res., 17, 6, 1022-1036, 2022.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

- 1) 学会等における口頭・ポスター発表
なし
- 2) 学会誌・雑誌等における論文掲載
なし

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

- 1) 特許出願
なし
- 2) ソフトウェア開発
なし
- 3) 仕様・標準等の策定
なし