南海トラフ巨大地震等の津波浸水想定区域における社会基盤施設の被害想定と地理的特徴の把握

Understanding the damage situation of social infrastructures and geographical characteristics in the tsunami anticipated inundation area of the great earthquake along the Nankai Trough etc.

布施大悟*・大西暁生**
Daigo Fuse*・Akio Onishi**

In recent years, the occurrence of the great earthquake and its accompanying tsunami along the Nankai Trough has raised concerns, and it is assumed that extensive damage will occur in a wide area, from Kanto to Kyushu. In the past, the Great East Japan Earthquake and the Kumamoto earthquake damaged various social infrastructures such as the nuclear power plants and the public facilities tremendously and various failures occurred due to malfunction of blackouts, traffic congestion etc. In this study, we aim to examine the prospective facility's location and disaster prevention measures. For this reason, we used the data of the tsunami anticipated inundation area on the great earthquake along the Nankai Trough etc., to grasp the number and the depth of social infrastructures in the area. We also analyzed the geographical characteristics such as the altitude of the tsunami anticipated inundation area and its distance from the coastline.

Keywords: great earthquake along the Nankai Trough, tsunami anticipated inundation, social infrastructures, geographical characteristics
南海トラフ巨大地震，津波浸水想定，社会基盤施設，地理的特徴

1. はじめに

近年，南海トラフ巨大地震とそれに伴う津波の発生が懸念されている．それらにより，震源域のある西日本のみならず関東から九州にかけた広範囲で強震や津波による甚大な被害が発生し，日本全体の国民生活・経済活動に多大な悪影響が生じることが想定されている[1]．

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の経験より行政や国民の地震・津波災害に関する危機意識が高まり，今後起こりうる地震・津波への対策が進められた．その一つとして「津波防災地域づくりに関する法律」（平成 23 年法律第 123 号）[2]が制定された．その第 1 項において，都道府県知事は津波浸水想定（津波があった場合に想定される浸水の区域及び水深）を設定すること[2]が規定されている．設定方法については，各都道府県において過去に発生した津波の記録や最新の科学的知見に基づいた予測から最大クラスの津波をもたらすと想定される地震をモデルケースとして浸水区域・浸水深を求め，それに断層モデル等の自然条件を考慮に加えた津波浸水シミュレーションにより津波浸水想定を定める[2]とされている．平成 29 年 11 月時点での整備状況としては北海道や青森県，沖縄県等の計 33 道府県が設定済みとなっている[3]．津波浸水想定を設定している道府県数の地方ごとの内訳をみると，北海道地方 1・東北地方 3・関東地方 2・中部地方 7・近畿地方 4・中国地方 4・四国地方 4・九州地方 8 となり，南海トラフ巨大地震をモデルケースとしている西日本の地域が多いことからそれらの地域においてこの巨大地震への対応が急がれていることが窺える．

津波被害から人命を守るためには，現状において想定されるリスクを把握する必要がある．東日本大震災や熊本地震の被害事例をみると，人・社会・経済・環境に深刻な影響を及ぼした原子力発電所の事故[4]や医療機関や庁舎，学校等の公共施設の損壊により災害対応の遅れをもたらした[5]．ゆえに，過去の巨大地震の被害から想定されるリスクとして，社会基盤施設の損壊とそれに伴う機能不全が考えられる．

2004 年に発生したインド洋大津波の津波浸水区域の地理的特徴について，海津ら（2007）[6]は津波の侵入に伴う建物の破壊状況は海岸からの距離に対応しながらも，微地形にみられる土地条件の地域的差異に応じて被害に地域差がみられたことを示した．さらに，東日本大震災の津波浸水区域について，堀ら（2015）[7]は電柱の倒壊するような被害については海岸線から 2km 程度の範囲で目立ち，浸水深は2~3m以上となっていることが多かったことを示した．また，建物がほぼ流出するような壊滅的な被害については，小荒井ら（2011）[8]によると，浸水深が約 4m 以上かつ海岸線から約 1km の範囲に限定されており，標高よりは浸水深や海岸線からの距離との関連が高かった．一方，建物等の破壊が一部で認められ，周囲を瓦礫で覆われるような地域は，海岸線から 2~3km の範囲までで標高 1m 以下，また，浸水のみが認められる地域は海岸線から 4~5km の範囲までで標高2m以下であり，標高との関連が高かった[8]．

本研究では，地理情報システム（GIS：Geographic Information System）を用いて南海トラフ巨大地震を中心とした津波浸水想定区域内の社会基盤施設の浸水被害とこの区域における地理的特徴の把握を行う．これによって，津波被害が想定される地域における今後の施設立地や防

* 非会員・東京都市大学 環境学部（Faculty of Environmental Studies, Tokyo City University）
** 会員・横浜市立大学 データサイエンス学部（School of Data Science, Yokohama City University）

【表-1】対象施設とその分類・使用データの一覧

分類	対象施設	使用データ
ライフライン	発電施設	発電施設データ [12]
	浄水場	上水道関連施設データ [13]
人命救助	医療機関	医療機関データ [14]
	消防署	消防署データ [15]
避難関連施設	避難施設	避難施設データ [16]
	学校	学校データ [17]
	福祉施設	福祉施設データ [18]
本部施設	市町村役場及び公的集会施設	市町村役場及び公的集会施設データ [19]
	国・都道府県の機関	国・都道府県の機関データ [20]

災対策の一考察とすることを目的とする.

2. 分析方法

2.1 対象地域の選定

対象地域については, 国土数値情報に公表されている津波浸水想定のデータ [9]から, 津波浸水シミュレーションのモデルケースとして南海トラフ巨大地震を設定している 15 府県（静岡県, 三重県, 大阪府, 兵庫県, 広島県, 徳島県, 愛媛県, 高知県, 福岡県, 長崎県, 熊本県, 大分県, 宮崎県, 鹿児島県, 沖縄県）, また, 南海トラフ巨大地震をモデルケースとしてはいないが, 内閣府により南海トラフ地震防災対策推進地域 [10]（南海トラフ巨大地震により著しい被害が生ずる恐れのある地域）[11]に指定されている地域を含む関東 2 県（茨城県, 神奈川県）の計 17 府県とした.

2.2 対象施設の選定

表-1 に対象施設とその分類及び使用データの一覧を示す. 対象施設については, ライフラインの供給・医療機関・防災拠点等の災害時において人命を守るための機能や役割を持つ社会基盤施設であることを考慮し, 分類としてライフライン・人命救助・避難関連施設・本部施設の 4 種類に設定し, 選定した. なお, 対象施設のデータについては国土数値情報より取得した.

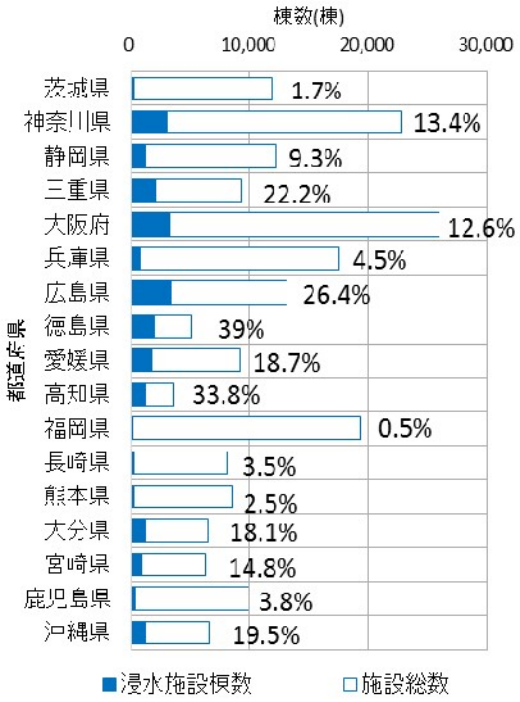
2.3 施設棟数の集計方法

国土数値情報より, 津波浸水想定データ [9], 標高・傾斜度 5 次メッシュデータ [21], 海岸線データ [22] を取得し, それらを GIS 上で各施設と空間結合することで各データを付加し, それらの施設棟数を市区町村ごとに集計した. また, 標高については 10m メッシュの標高値から算出する平均標高を用い, 海岸線からの距離については 1km ごとのバッファを発生させ, 各範囲内の施設を抽出した.

3. 分析結果

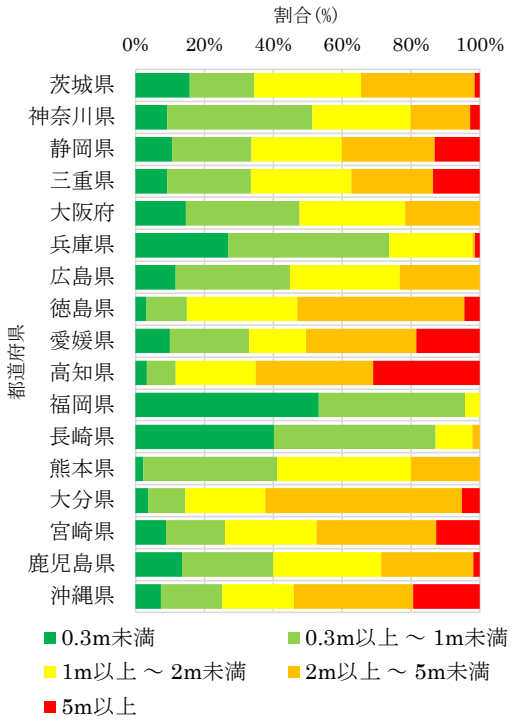
3.1 都道府県ごとの施設棟数の集計結果

図-1 に各都道府県の施設総数・浸水区域内の施設棟数並びに浸水率を示す. 神奈川県・大阪府・兵庫県・福岡県といった地域に多くの社会基盤施設が存在しており, 地震動等の津波以外の要因による被害が多く発生する危険性が高い. また, 浸水施設棟数を比較してみると, 神奈川県・大阪府・広島県でそれぞれ約 3,000 棟と特に多く, 三重県・徳島県・愛媛県ではそれぞれ約 2,000 棟であり, 最も少ないのは福岡県の 92 棟であった. 浸水率については, 三重県・広島県・徳島県・高知県が 20%以上と比較的高い浸水率であり, 中でも徳島県では約 4 割の施設が津波浸水被害を受ける.



【図-1】都道府県ごとの施設棟数・浸水率

浸水施設における各津波浸水深の区分の施設棟数の割合として, 図-2 に各都道府県の津波浸水深の内訳を示す. 津波浸水深の内訳をみると, 徳島県・愛媛県・高知県・大分県・沖縄県で浸水深 2m 以上（木造家屋のほとんどが全壊）[23]の割合が 50%以上を示し, その中でも高知県においては浸水深 5m 以上（2 階建ての建物が水没）[23]の割合が



【図-2】都道府県ごとの津波浸水深の内訳

約 30%と甚大な施設被害が生じることが想定される．このように，想定震源域から特に距離が近い四国地方や九州地方の一部地域において，規模の大きい津波浸水被害が発生する危険性が高い．

3. 2 市区町村ごとの施設棟数の集計結果

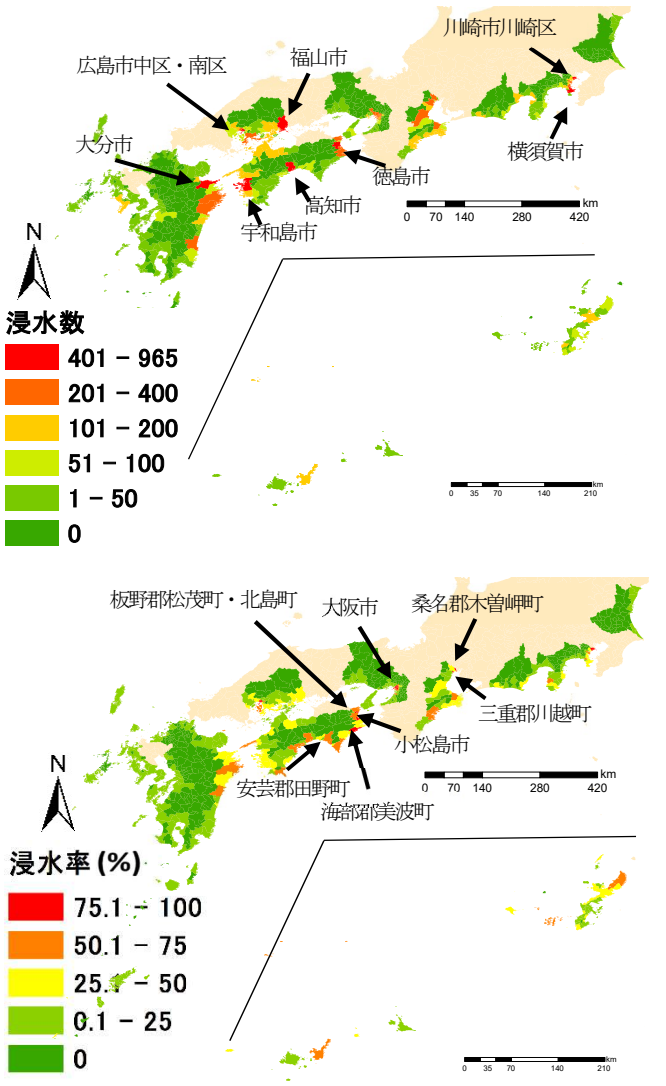
図-3 に各市区町村の浸水数・浸水率を示す．全体として，内陸部ではほとんど浸水の危険性はないが，沿岸部での浸水被害は顕著である．特に三重県や広島県，四国地方においてそれが目立つ．さらに，沖縄県においては全域で施設の津波被害が発生している．

浸水数 400 棟以上の地域としては，神奈川県川崎市川崎区・横須賀市，広島県広島市中区・広島市南区・福山市，徳島県徳島市，愛媛県宇和島市，高知県高知市，大分県大分市の計 9 市区町村が該当し，浸水率 75.1%以上の地域としては，神奈川県川崎市川崎区，三重県桑名郡木曽岬町・三重郡川越町，大阪府大阪市福島区・大阪市此花区・大阪市西区・大阪市港区・大阪市大正区・大阪市西淀川区，広島県広島市中区・広島市南区，徳島県小松島市・海部群美波町・板野郡松茂町・板野郡北島町，高知県安芸郡田野町の計 16 市区町村が該当した．

特に浸水被害が多い上記の地域をはじめとした多くの沿岸地域で浸水被害の危険性があるが，どの程度の被害かを把握するためには，どのような施設がどの程度の津波浸水深なのかを把握する必要がある．

3. 3　各社会基盤施設の津波浸水被害

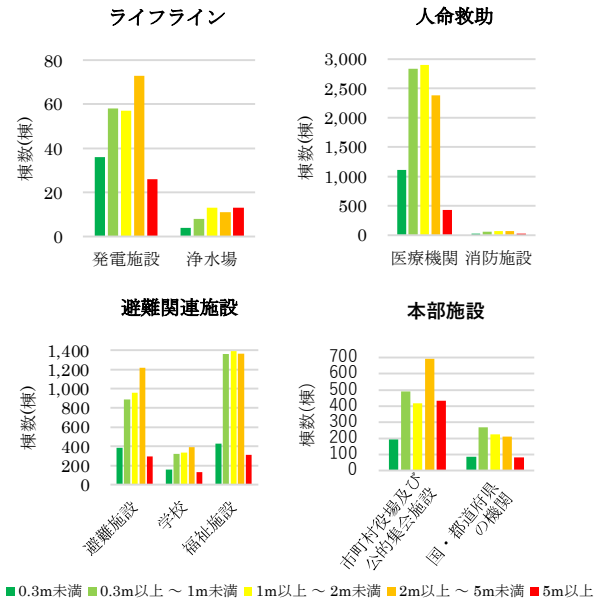
図-4 に各社会基盤施設の浸水数・津波浸水深を示す．前



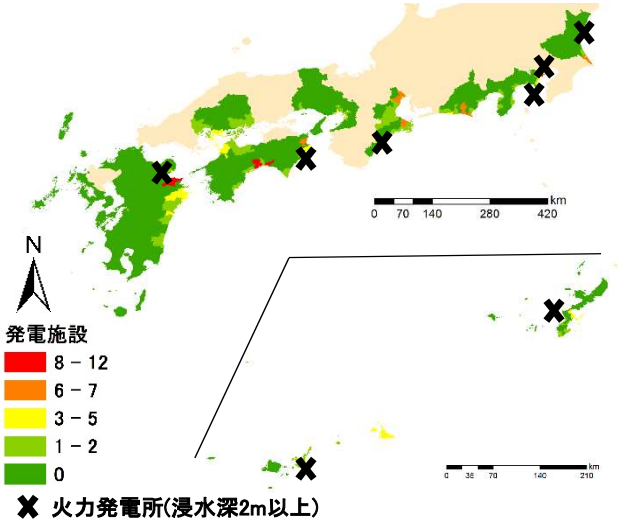
【図-3】各市区町村の浸水数・浸水率

述のとおり，各社会基盤施設をそれらが持つ役割や機能から 4 種類に分類した．全体として，医療機関の津波浸水被害が全体の 4 割を占めており，場合によっては医療機関の機能不全により怪我や病気等の医療系に二次被害が拡大する危険性が高い．また，ライフラインにおいて発電施設の浸水数が特に多く，電力供給の面で被害が生じることが懸念される．施設分類としては避難関連施設の割合が最も大きく，災害時に避難のために多くの人が集まる施設であるため人的被害の危険性が高い．本部施設については市町村役場及び公的集会施設の浸水深 5m 以上が特に多く，大半の庁舎が施設ごと損壊することが予想される．そのため，災害対策の拠点となる施設については災害対応等の機能を維持できるのかを事前に検討する必要がある．

施設ごとの市区町村単位の津波浸水被害の例として，図-5 に市区町村ごとの発電施設の浸水数・火力発電所の浸水被害を，図-6 に市区町村ごとの医療機関の浸水数を示す．2015 年時点で日本の電力供給量割合は火力発電が約 8 割を占めており，火力発電に大きく依存しているのが現状で



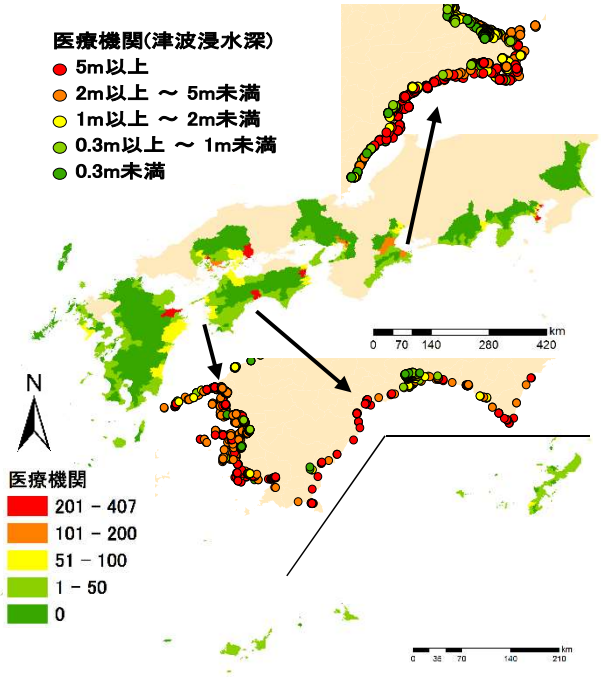
【図-4】各社会基盤施設の浸水数・津波浸水深



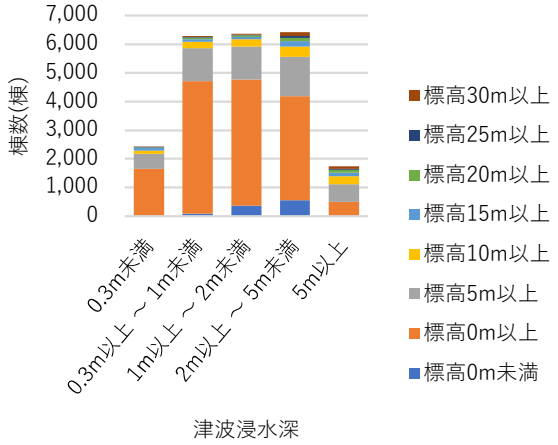
【図-5】市区町村ごとの発電施設の浸水数・火力発電所の浸水被害

ある[24]．そうした中で浸水深 2~5m に該当する火力発電所として，茨城県で 2 箇所，神奈川県で 2 箇所，徳島県で 3 箇所，大分県で 3 箇所，沖縄県で 1 箇所あり，また，5m 以上には三重県と沖縄県でそれぞれ 1 箇所が該当した．これらの施設において，津波浸水により大きな被害を受け機能不全や事故等の問題が発生する恐れがある．

医療機関においては神奈川県・大阪府・広島県の浸水棟数がそれぞれ 1,645 棟・1,899 棟・1,733 棟であり，その 3 府県で 53%を占めている．特に，神奈川県では横須賀市・横浜市沿岸の区一帯・川崎市川崎区で，大阪府では大阪市・堺市で，広島県では呉市・広島市・福山市において被害が集中している．また，三重県南部地域・高知県沿岸一帯・愛媛県南部地域においては浸水深 5 m 以上の施設が比較的多く存在しており，甚大な被害が想定さ



【図-6】市区町村ごとの医療機関の浸水数



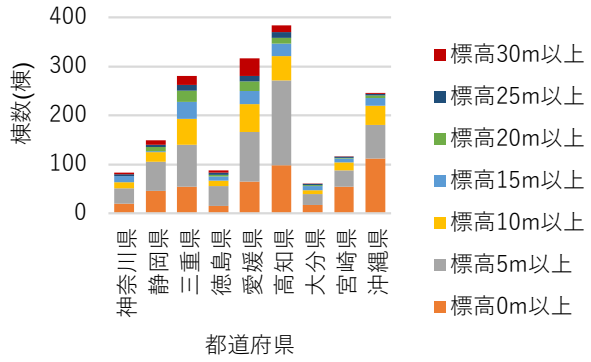
【図-7】各津波浸水深における標高区分の内訳

れる．

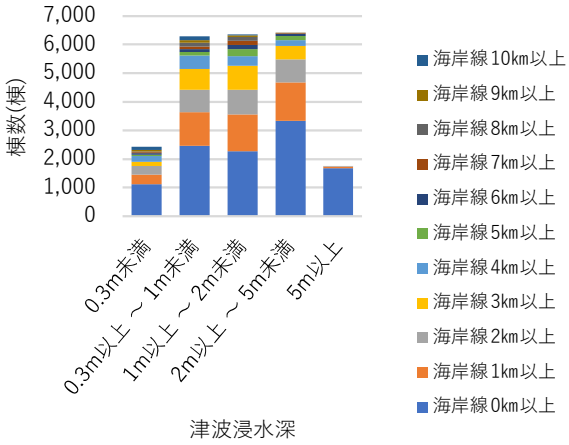
3. 4　津波浸水区域の地理的特徴

図-7 に各津波浸水深における標高区分の内訳を示す．全体としては標高 0~5m の地点にある施設が最も多いが，浸水深 5m 以上になると標高 0~5m の割合が比較的少なくなり，標高 5~30m 以上の割合が約 7 割と多くを占めている．このような特徴がある地域について，図-8 に浸水深 5m 以上の標高区分の内訳（一部地域）を示す．これらの地域では津波浸水深 5m 以上において標高 5~30m 以上の割合が 5 割以上あり，標高の高さだけでは津波被害を回避できないと考えられる．

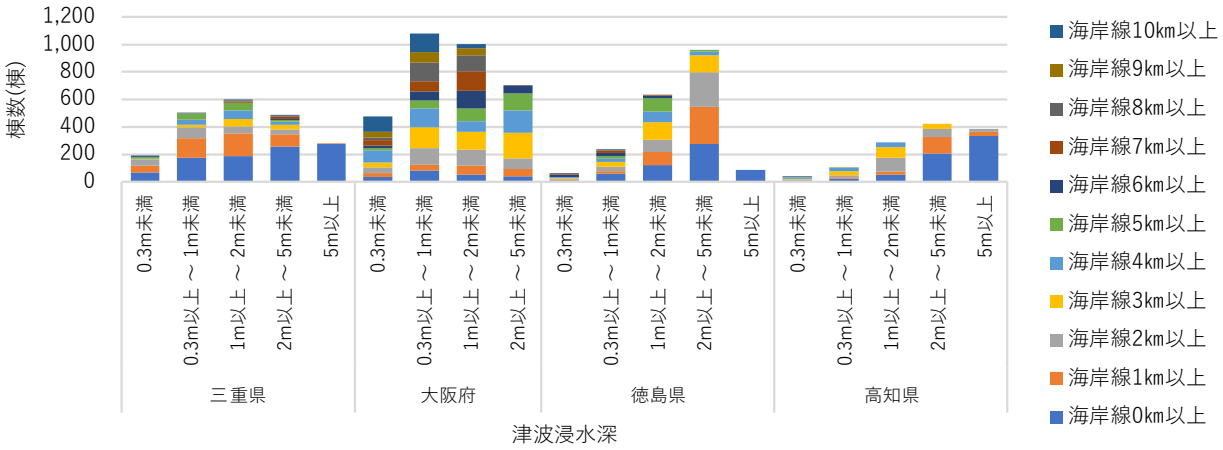
図-9 に各津波浸水深における海岸線からの距離の内訳を示す．海岸線からの距離については 0~1km の地点にある施設が最も多く，浸水深 5m 以上になると 9 割以上が



【図-8】浸水深５m 以上の標高区分の内訳（一部地域）



【図-9】各津波浸水深における海岸線からの距離の内訳



【図-10】都道府県ごとの海岸線からの距離の内訳（一部地域）

その地点となっている．しかし，三重県・大阪府・徳島県・高知県等，地域によっては様々な距離範囲で浸水被害を受ける地域が存在する．それらについて，図-10 に都道府県ごとの海岸線からの距離の内訳（一部地域）を示す．これらの地域においては海岸線から離れた地点でも浸水被害を受ける施設が比較的多く，その中でも大阪府でそれが顕著である．図-11 に大阪市周辺の浸水施設の分布を示す．この結果，大阪市に被害が集中しており，海岸線から離れた地点において浸水施設のまとまりが存在している．よって，海外線からの距離は津波浸水被害に大きく影響を及ぼす要因であるが，一部地域では海岸線からの距離に関係なく津波被害を受ける施設が存在する．

4. おわりに

本研究では，近い将来に発生することが危惧されている南海トラフ巨大地震を中心とした津波による社会基盤施設（9 種類）の浸水数・浸水深と浸水想定区域の標高・海岸線からの距離等の地理的特徴の把握を行った．

得られた結果を以下に記す．

1) 都道府県・市区町村単位で津波被害の危険度が明らかになった．徳島県・愛媛県・高知県・大分県・沖縄県の半数以上の施設は浸水深 2m 以上， 高知県では浸水深 5m 以上が約 30%であり，四国地方や九州地方の一部地域において甚大な施設被害が想定される．また，市区町村では大阪市の 6 区で浸水率 75%以上と比較的浸水率の高い地域が存在した．

2) 施設全体として，医療機関の浸水数が全体の約 40% を占め，二次被害が拡大する危険性が高い．また，浸水深 2m と 5m 以上に該当する火力発電所や原子力発電所が存在しており，事故や電力供給等の被害が懸念される．

3) 津波浸水区域において，全体的に標高 0~5m の割合が最も高いが，標高 5~30m 以上でも高い浸水深の施設が存在する．また，海岸線からの距離については海岸線から 0~1km の地点の施設が多く，浸水深 5m 以上ではそれが顕著となる．しかし，三重県や大阪府等，地域によって海岸線からの距離に関係なく津波浸水被害を受けている．よって，津波対策を考慮した施設立地を検討する際，複数の地理条件を組み

合わせた上で地域特性を加味して検討する必要がある．

今後の課題として，本研究では都道府県・市区町村単位で包括的に分析したため，より詳細な分析を行うためには空間単位を細分化する必要がある．また，各社会基盤施設の被害から想定される影響について，施設の機能や地域特性をさらに加味した上でより詳細な被害想定を行う必要があると考えられる．

参考文献

1) 内閣府 中央防災会議：南海トラフ巨大地震対策について（最終報告）
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20130528_honbun.pdf（2017/12/28 参照）
2) 国土交通省水管理・国土保全局海岸室：津波浸水想定の設定の手引き Ver1.00（平成 24 年２月）
http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bousai/saigai/tsunami/shinsui_settei_ver100.pdf（2017/12/28 参照）
3) 国土交通省：津波浸水想定の設定，津波災害警戒区域の指定及び推進計画の作成状況（平成 29 年 11 月 15 日現在）
http://www.mlit.go.jp/common/001210691.pdf
（2017/12/28 参照）
4) 遠山正人・相良純子・石渡幹夫（2012）：「大規模災害から学ぶ」東日本大震災からの教訓
http://siteresources.worldbank.org/JAPANINJAPANESEEXT/Resources/515497-1349161964494/KnowledgeNote_ALL.pdf（2017/12/20 参照）
5) 内閣府 平成 29 年度災害救助助法等担当者全国会議：資料１-３熊本地震への対応と今後の課題等について，平成 29 年５月 19 日
http://www.bousai.go.jp/taisaku/kyuujo/pdf/h29kaigi/siryo1-3.pdf（2018/01/23 参照）
6) 海津正倫・高橋誠（2007）：バンダアチェにおけるインド洋大津波の被害の地域的特徴，E-journal GEO，Vol.２（３）121-131，2007.https://www.jstage.jst.go.jp/article/ejgeo/2/3/2_3_121/_pdf/-char/ja（2018/01/16 参照）
7) 堀和明・鈴木宗親・前田一樹（2015）：電柱を指標とした津波挙動分析，Journal of Geography，124（２）227-239，2015.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgeography/124/2/124_124.227/_pdf/-char/ja（2018/01/16 参照）
8) 地理地殻活動研究センター 小荒井衛・岡谷隆基・中埜貴元・神谷泉（2011）：東日本大震災における津波浸水域の地理的特徴，国土地理院時報，No.122，2011.
http://www.gsi.go.jp/common/000064460.pdf
（2018/01/5 参照）
9) 国土交通省国土政策局国土情報課，国土数値情報津波浸水想定データ，2016http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A40.html（2017/08/07 参照）
10) 内閣府：南海トラフ地震に係る地域指定，南海トラフ地震防災対策推進地域・南海トラフ地震津波避難対策特別強化地域
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/pdf/nankaitrough_chizu.pdf（2018/01/24 参照）
11) 国土交通省気象庁：南海トラフ地震発生で想定される震度や津波の高さ
ttp://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/nteq/assumption.html（2018/01/24 参照）
12) 国土交通省国土政策局国土情報課，国土数値情報発電施設データ，2013
http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P03.html
（2017/08/08 参照）
13) 国土交通省国土政策局国土情報課，国土数値情報上水道関連施設データ，2012
http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P21.html
（2017/08/08 参照）
14) 国土交通省国土政策局国土情報課，国土数値情報医療機関データ，2014
http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P04-v2_1.html（2017/08/08 参照）
15) 国土交通省国土政策局国土情報課，国土数値情報消防署データ，2012
http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P17.html
（2017/08/08 参照）
16) 国土交通省国土政策局国土情報課，国土数値情報避難施設データ，2012
http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P20.html
（2017/08/08 参照）
17) 国土交通省国土政策局国土情報課，国土数値情報学校データ，2013
http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P29.html
（2017/08/08 参照）
18) 国土交通省国土政策局国土情報課，国土数値情報福祉施設データ，2015
http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P14.html
（2017/08/08 参照）
19) 国土交通省国土政策局国土情報課，国土数値情報市町村役場及び公的集会施設データ，2008
http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P05.html
（2017/08/08 参照）
20) 国土交通省国土政策局国土情報課，国土数値情報国・都道府県の機関データ，2013
http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P28.html

（2017/08/08 参照）

21) 国土交通省国土政策局国土情報課，国土数値情報標高・傾斜度５次メッシュデータ，2011 http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G04-d.html（2017/11/18 参照）

22) 国土交通省国土政策局国土情報課，国土数値情報海岸線データ，2006 http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-C23.html（2017/11/20 参照）

23) 国土交通省水管理・国土保全局海岸室：津波浸水想定の設定の手引き Ver.2.00 http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bousai/saigai/tsunami/shinsui_settei.pdf（2017/12/26 参照）

24) 経済産業省資源エネルギー庁：平成 28 年度エネルギーに関する年次報告 file:///C:/Users/sina9/AppData/Local/Temp/Temp1_whitepaper2017pdf_all.zip/whitepaper2017pdf_all.pdf（2018/01/05 参照）