

# 地震津波・土砂災害を想定した避難施設の代替性評価と課題

○池部 仁哉\*<sup>1</sup> 小立 雄大\*<sup>1</sup>  
小林 祐司\*<sup>2</sup>

キーワード：避難施設 代替性 土砂災害 地震津波

## 1. 研究の背景と目的

2011年3月11日の東日本大震災においては、ピーク時の避難者数が40万人に上るなど多くの住民の生活に支障が出た。大分県では、東日本大震災の発生を受けて、指定の津波避難ビルや津波避難場所を増やすなどの対策をとっている。しかし、現状の地震・津波対策の多くは地域特性による他の災害について考慮されていない。災害時の安全性を向上させるためには、このような地震津波以外の対策も同時に行うことが重要である。

既往の研究としては、マルチエージェントシステムを用いて、津波避難施設配置の問題点を提起した大畑ら<sup>1)</sup>などの研究がある。本研究では、地震津波と土砂災害について、両災害が同時に発生したことを想定して、大分県臼杵市、津久見市及び佐伯市の3市を対象とし、GISを用いて両災害によるそれぞれの住宅や避難施設への被害について調査・分析を行う。また、両災害における被災建物から避難施設までの距離を計測し、近隣の避難施設への代替性を調査することを目的とする。合わせて、臼杵市、津久見市及び佐伯市の3市における調査結果の比較を行い、傾向の違いを明らかにする。

## 2. 研究対象地の概要

研究対象地となる3市は、大分県の南部に位置している。3市の大分県内における位置を図1に示す。3市ともに豊後水道に面しており、南海トラフ巨大地震が発生し



図1 大分県内における3市の位置

た際には、大規模な津波が発生する<sup>2)</sup>と予測されている。

### (1) 臼杵市

臼杵市は、面積が291.1 km<sup>2</sup>、人口が41,469人であり、南海トラフ巨大地震発生時の最大津波高は5.75mと予想されている。臼杵湾の周辺部の平地に市街地が形成されており、人口の多くが市街地に集中している。

### (2) 津久見市

津久見市は、面積が79.6 km<sup>2</sup>、人口は19,917人であり、最大津波高は5.68mと予測されている。平地が少なく、三方を山に囲まれている。

### (3) 佐伯市

佐伯市は、面積が903.4 km<sup>2</sup>、人口は76,951人であり、最大津波高は13.50mと予測されている。県南地区では最大となる平地に市街地が形成されている。想定される震源に最も近いこと、被害想定も県内で一番大きい。

## 3. 地震津波の被害想定

「防災・避難対策マニュアル」<sup>3)</sup>には、遡上高を考慮した「既定値の3倍の高度程度以上」の避難対応・浸水時対応を実施することを強く推奨している。本論では、2章で説明した津波高を元に、津波の遡上高として津波高の2倍、3倍の高さを設定し、それぞれにおける全建物数に対する津波による被災建物数の割合を算出した。

### (1) 臼杵市

表1に臼杵市の津波高・遡上高と予想される被害建物数を示す。また、図2に臼杵市の津波高・各遡上高における浸水地域を、GISのメッシュによる分析方法を用いて示す。最大津波高の3倍の遡上高以下にある建物数の割合は49.3%であり、被災者数は20,450人程度になると推測される。市街地付近の多くの建物が3倍の遡上高よりも標高の低い地域にあることから、被害が大きくなると推測される。

### (2) 津久見市

表2に津久見市の津波高・遡上高と予想される被害建物数を示す。また、図3に臼杵市の津波高・各遡上高における浸水地域を、GISのメッシュによる分析方法を用いて示す。最大津波高の3倍の遡上高以下にある建物数の割合は54.3%であり、被災者数は10,800人程度になると推測される。臼杵市と同様に、市街地付近において大

表 1 臼杵市における津波高・遡上高と被災建物数の一覧

市町村名	総人口(人)	全建物数	被害想定	津波高	遡上高(2倍)	遡上高(3倍)
臼杵市	41469	24582	津波高・遡上高(m)	5.75	11.50	17.25
			被災建物数	2583(10.5%)	8802(35.8%)	12122(49.3%)

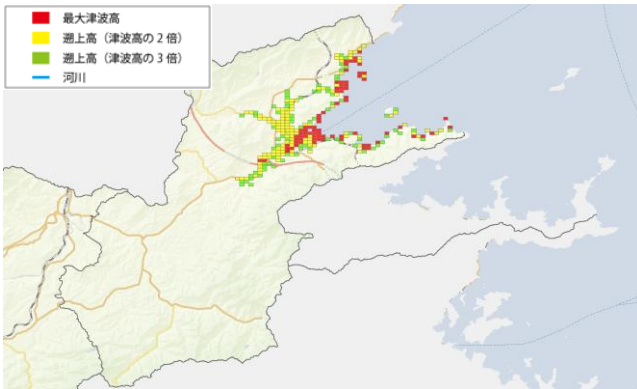


図 2 臼杵市の浸水予測地域(津波高別)

表 2 津久見市における津波高・遡上高と被災建物数の一覧

市町村名	総人口(人)	全建物数	被害想定	津波高	遡上高(2倍)	遡上高(3倍)
津久見市	19917	14583	津波高・遡上高(m)	5.68	11.36	17.04
			被災建物数	1679(11.5%)	4880(33.5%)	7923(54.3%)

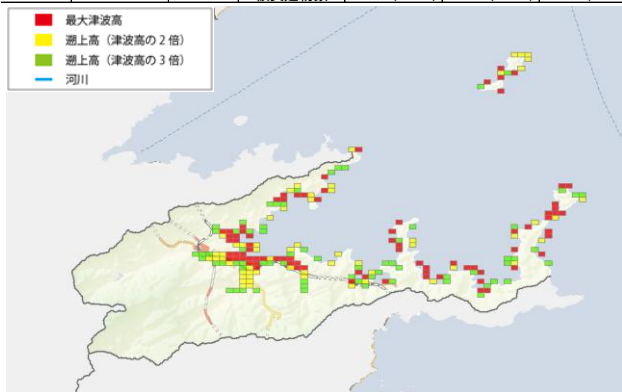


図 3 津久見市の浸水予測地域(津波高別)

表 3 佐伯市における津波高・遡上高と被災建物数の一覧

市町村名	総人口(人)	全建物数	被害想定	津波高	遡上高(2倍)	遡上高(3倍)
佐伯市	76951	36512	津波高・遡上高(m)	13.50	27.00	40.50
			被災建物数	20263(55.5%)	27853(76.3%)	30546(83.7%)



図 4 佐伯市の浸水予測地域(津波高別)

大きな被害が出るものと予測されている。市街地から離れた集落の一部でも、部分的な浸水が予測されている。

### (3) 佐伯市

表 3 に佐伯市の津波高・遡上高と予想される被害建物数を示す。また、図 3 に臼杵市の津波高・各遡上高における浸水地域を、メッシュを用いて示す。最大津波高の 3 倍の遡上高以下にある建物数の割合は 83.7%であり、

被災者数は 64,400 人程度になると推測される。予想される震源が近いこと、津波高及び被害想定は 3 市の中では最も大きい、山地が存在するため、浸水域はそれほど大きくはない。

## 4. 土砂災害に関する把握

対象地域における土砂災害による被災範囲や被災建物の分布状況、被災する避難施設の有無について、GIS を用いて分析を行った。土砂災害(急傾斜地崩壊危険箇所、土石流危険渓流、地すべり危険箇所)の被災範囲は、国土数値情報の「土砂災害危険箇所データ」を用いる。

### (1) 臼杵市

臼杵市における土砂災害被災建物と土砂災害範囲外の避難施設の位置を図 5 に示す。被災建物数は 5,216 件(21.2%)、土砂災害範囲外の避難施設は 42 件(82.4%)であった。臼杵市では、沿岸部と内陸部に被災建物がまるとまるとあり、特に市街地付近において集中している。臼杵市は市街地に多くの建物が立地しているため、市街地を中心に大きな影響が出ると推測される。

### (2) 津久見市

津久見市における土砂災害被災建物と土砂災害範囲外の避難施設の位置を図 6 に示す。被災建物数は 6,087 件(41.7%)、土砂災害範囲外の避難施設は 127 件(47.0%)であった。津久見市では、土砂災害危険箇所が市域の多くにわたって設定されており、被害が及ぶ範囲は 3 市の中で一番となっている。また、被災建物及び被災避難施設数の割合がいずれも 3 市の中で最大となっており、土砂災害の影響を最も大きく受けると推測される。

### (3) 佐伯市

佐伯市における土砂災害被災建物と土砂災害範囲外の避難施設の位置を図 7 に示す。被災建物数は 11,144 件(30.5%)、土砂災害範囲外の避難施設は 324 件(58.7%)であった。佐伯市では、土砂災害の影響を受ける地域が沿岸部を中心に多くなっており、既存の避難施設の 40%以上が土砂災害の影響を受ける地域に立地している。また、研究対象となった 3 市の中で被災建物数が最も多く、大きな被害が出ることが予想される。

## 5. 避難施設の代替性評価

### 5-1. 被災状況の把握

3 章、4 章において把握した地震津波及び土砂災害に関する被害の情報から、両災害が同時に発生した際に、同時に被害を受ける範囲と被害の程度を調査する。また、両災害が同時に発生した際の、避難に関する可能性及び避難施設の代替性を評価する。本研究では、「津波高の 3 倍の遡上高以下の標高に立地」「土砂災害範囲内」の 2 つの条件を満たす建物を被災するものとして考え、2 つの条件をとともに満たさない避難施設を避難可能な避難施

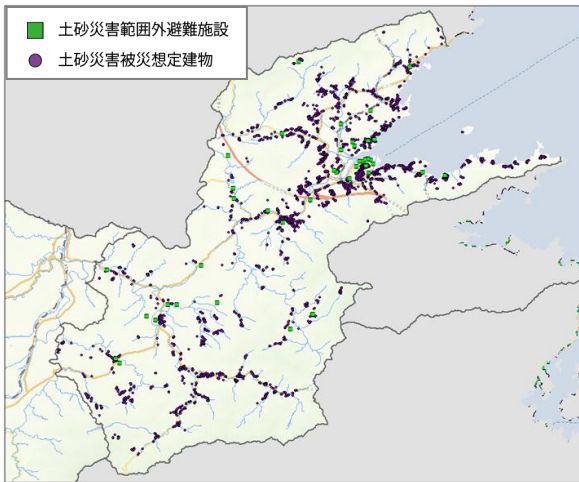


図5 土砂災害被災建物と  
土砂災害範囲外の避難施設の位置（白杵市）

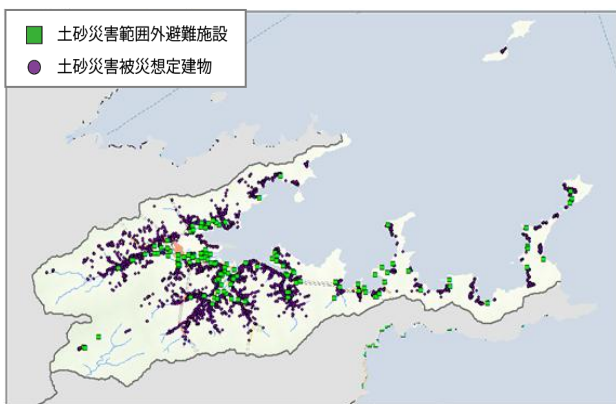


図6 土砂災害被災建物と  
土砂災害範囲外の避難施設の位置（津久見市）



図7 土砂災害被災建物と  
土砂災害範囲外の避難施設の位置（佐伯市）

表4 各市町村の被災建物数及び避難施設

市町村	全建物数	遡上高(3倍)以下かつ土砂災害範囲内の建物数	全避難施設数	遡上高(3倍)以上かつ土砂災害範囲外の避難施設数
白杵市	24582	1629(6.6%)	51	24(47.1%)
津久見市	14582	1857(12.6%)	269	61(22.5%)
佐伯市	36512	7774(21.3%)	552	87(15.8%)

設と定義した。表4に白杵市、津久見市及び佐伯市の被災建物数及び避難施設数を示す。

## 5-2. 避難の可能性評価

本研究では、避難者の避難可能性の評価の指標として、「距離に関する避難施設までの避難の可能性」「避難者の避難施設の代替性」の2つの項目を用いる。

### (1) 距離に関する避難施設までの避難の可能性

被災建物から最寄りの避難施設までの距離を、GISを用いて建物の適切な配置を確認するロケーション-アロケーション解析を用いて算出した。本研究では国土交通省の「東日本大震災の津波被災現況調査結果」<sup>4)</sup>において、津波からの避難にあたって、避難施設まで徒歩で移動した距離に関しては平均で438m、避難所要時間に関しては11.2分となっており、この指標を人が避難する際に助かる可能性がある距離と設定する。この報告から、避難時の移動距離については、500m以内（避難の可能性が非常に高い）、1,000m以内（避難の可能性が比較的高い）、2,000m以内（避難が可能である）、2,000m以上（避難の可能性が低い）の4つに分類し、評価を行った。

### (2) 被災建物に対する避難施設の代替性

「震災につよい都市づくり・地区まちづくりの手引き」<sup>5)</sup>では、歩行による広域避難は2,000m以内を目安とすると表記されている。本指標では、被災建物から2,000m以内に複数の代替可能な避難施設がある被災建物を、代替性があるとみなし評価する。また、被災建物の中で避難施設が2,000m以内でない場合は「避難困難建物」、避難施設が1つしか選択肢がない場合は「代替避難施設がない被災建物」と定義し<sup>注1)</sup>、いずれも避難施設の代替性がないものとする。代替性がある被災建物が多い地域を、代替性の評価が高い地域とみなす。

## 5-3. 各地域における調査結果

### (1) 白杵市

図8に白杵市における被災建物と避難施設の位置、及び最寄りの避難施設との距離を示す。避難施設までの距離が500m以内にある被災建物が111件(6.9%)、500mから1,000mの範囲内にある被災建物が371件(22.9%)、1,000mから2,000mの範囲内にある被災建物が697件(43.0%)であった。歩行避難が可能と考えられる2,000mの範囲内にある建物は1,179件(72.8%)であった。

図9に白杵市における被災建物と周囲の避難施設との位置関係を示す。距離2,000m以内にある避難施設が複数箇所ある被災建物は634件(39.1%)となっており、被災建物の60%以上が2,000m以内に避難施設が存在しない、または1か所のみ存在するという結果となった。また、距離2,000m以内に避難施設がない被災建物が441件(27.1%)となっている。以上より、白杵市における避難施設の代替性は低いと考えられる。

### (2) 津久見市

図10に津久見市における被災建物と避難施設の位置、及び最寄りの避難施設との距離を示す。避難施設までの

距離が 500m 以内にある被災建物が 539 件 (29.0%), 500m から 1,000m の範囲内にある被災建物が 887 件 (47.8%), 1,000m から 2,000m の範囲内にある被災建物が 305 件 (16.4%) であった。歩行避難が可能と考えられる 2,000m の範囲内にある建物は 1,731 件 (93.2%) であった。

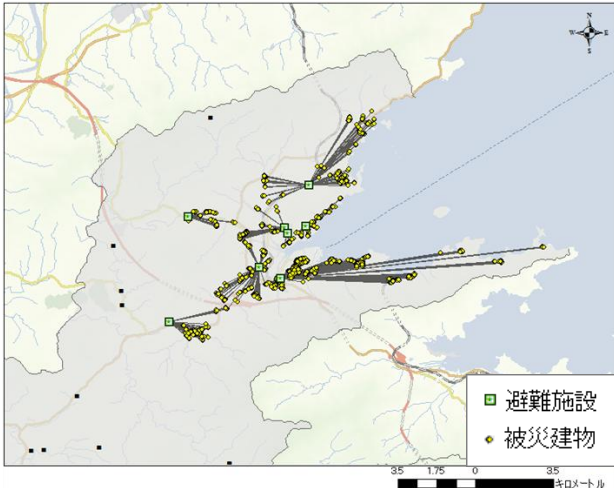


図 8 被災建物と避難施設の位置，及び最寄りの避難施設との距離（臼杵市）

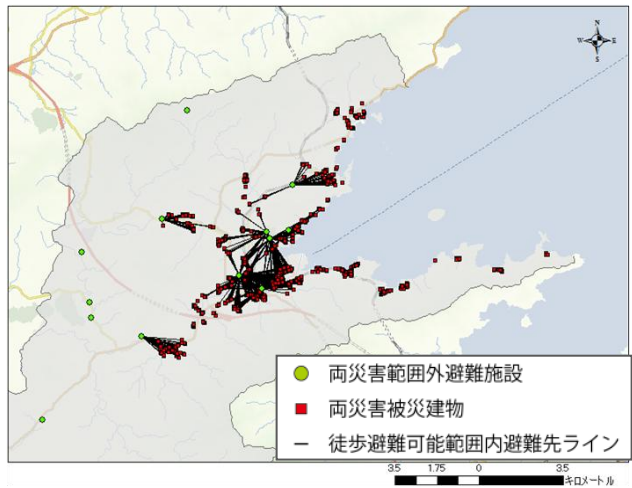


図 9 被災建物と周囲の避難施設との関係（臼杵市）

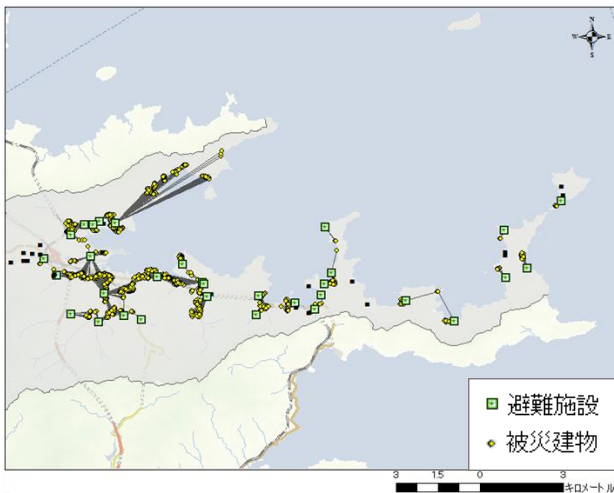


図 10 被災建物と避難施設の位置，及び最寄りの避難施設との距離（津久見市）

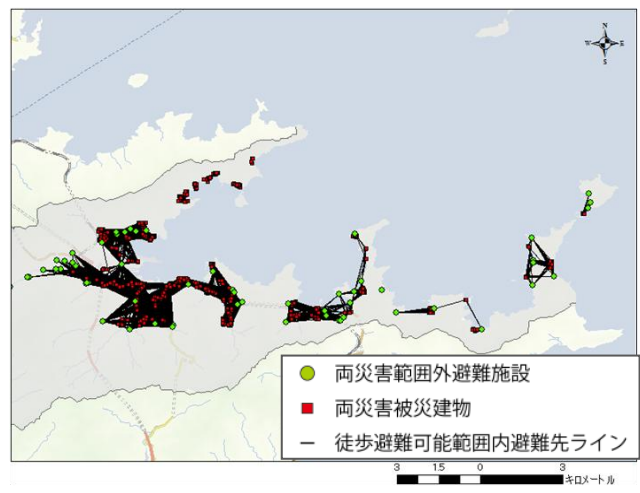


図 11 被災建物と周囲の避難施設との関係（津久見市）

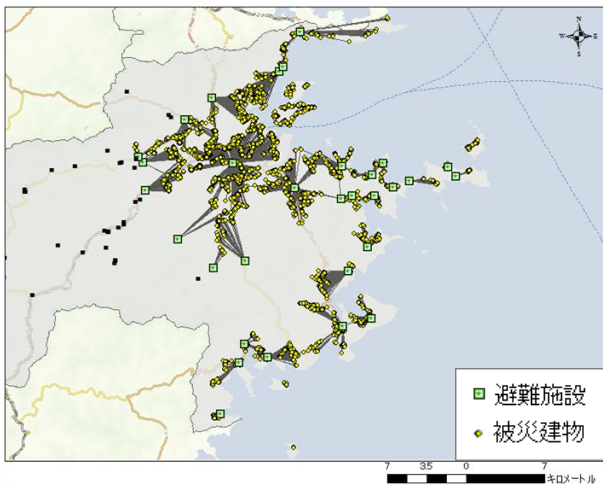


図 12 被災建物と避難施設の位置，及び最寄りの避難施設との距離（津久見市）

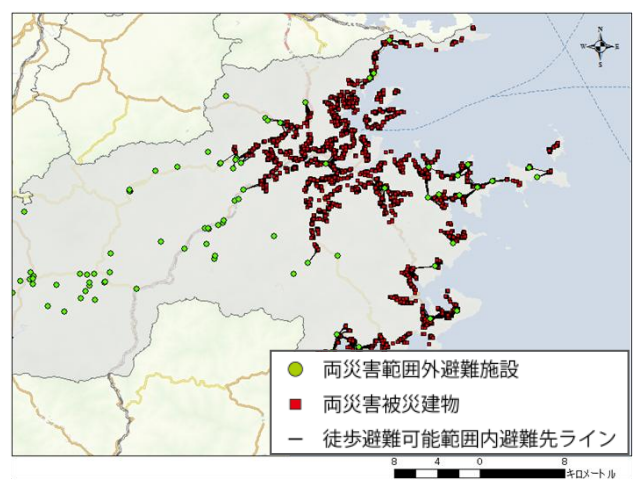


図 13 被災建物と周囲の避難施設との関係（佐伯市）

26 件 (1.4%) にとまっている。以上より、津久見市における避難施設の代替性は高いと考えられる。

### (3) 佐伯市

図 12 に佐伯市における被災建物と避難施設の位置、及び最寄りの避難施設との距離を示す。避難施設までの距離が 500m 以内にある被災建物が 438 件 (6.0%)、500m から 1,000m の範囲内にある被災建物が 521 件 (7.1%)、1,000m から 2,000m の範囲内にある被災建物が 1,175 件 (16.1%) であった。歩行避難が可能と考えられる 2,000m の範囲内にある建物は 1,179 件 (29.3%) であった。

図 13 に佐伯市における被災建物と周囲の避難施設との位置関係を示す。距離 2,000m 以内にある避難施設が複数箇所ある被災建物は 446 件 (6.1%) となっている。また、距離 2,000m 以内に避難施設がない被災建物が 5,147 件 (70.6%)、距離 2,000m 以内に避難施設が 1 箇所のみ存在する被災建物が 1,701 件 (23.3%) となっている。90%以上の被災建物で 2,000m 以内に避難施設が存在しないか、1 箇所のみとなっており、佐伯市における避難施設の代替性は非常に低いと考えられる。

#### 5-4. 調査結果に基づく評価

「距離に関する避難施設までの避難の可能性」に関しては、歩行避難が可能と考えられる 2,000m の範囲内にある建物が、臼杵市で 72.8%、津久見市で 93.2%、佐伯市で 29.3% となった。臼杵市は被災建物の総数は津久見市よりも少ないが、西部の集落など付近に被災しない避難施設がない地区が多く、被災しない避難施設までの長距離の歩行を余儀なくされている点が、割合の低下につながっているものと推測される。津久見市は避難施設が分散して配置されているため、ほとんどの地域をカバーすることができている。そのため、高い割合を示したものだと考えられる。佐伯市は臼杵市と同様に、海岸沿いに被災しない避難施設が存在しない地区が多いほか、山間部においても避難施設までの距離が長い地区が複数存在していることが、歩行避難が可能な被災建物の割合の低下につながったものと考えられる。

「避難施設の代替性」に関しては、距離 2,000m 以内に避難施設が複数箇所ある被災建物が、臼杵市で 39.1%、津久見市で 92.5%、佐伯市で 6.1% となった。津久見市においては、一箇所に複数の避難施設が存在する地区が多く、避難施設の代替性は非常に高い割合を示している。一方で臼杵市と佐伯市は避難施設が複数配置されている地区が少なく、避難施設の代替性は低い割合になってしまったものと考えられる。特に佐伯市においては、2,000m 以内に避難施設がない被災建物が 70.6% と多く、避難施設の少なさが顕著となっている。

## 6. 総括

本研究では地震津波と土砂災害について、GIS を用い

て大分県臼杵市、津久見市及び佐伯市における被害の想定について把握し、3 市における特徴と課題を抽出した。

3 章及び 4 章の調査では、津波と土砂災害による被害の程度を調査した。臼杵市と津久見市では、市街地付近において、津波と土砂災害の両方を受ける恐れのある地域が集中しており、特に津久見市では市街地のほぼ全域にわたっていた。佐伯市では、市街地付近では津波による被害想定が大きく、周辺の沿岸部地域では土砂災害による被害想定が大きいという結果となった。

5 章では、調査結果に基づき、避難に関する可能性について評価した。臼杵市と佐伯市においては、徒歩圏域内に避難施設がない被災建物の数が多く、避難の代替性についても半数以上で代替施設が存在しないという結果となった。土砂災害被災範囲と津波被災範囲に被っていない範囲に避難施設を配置するなど、改善が必要であると考えられる。一方で、津久見市においては、徒歩圏域内に避難施設がない被災建物の数が少なく、多くの被災建物で代替避難施設が存在するという結果となった。以上より、同様の被災環境におかれた都市であっても、都市ごとに現状に差が存在することがわかった。今後は、地域ごとのより細部における調査や、避難施設の適切な配置を行うための具体的な方策を提言することが課題である。

#### 【謝辞】

本研究は、科学研究費補助金 (基盤研究 C・課題番号 25420638) 及び平成 26 年度大分大学学長裁量経費 (社会連携推進プログラム) による助成を受けて実施した。

#### 【注釈】

注 1) 本研究では、避難が可能であるかという観点から、避難施設が周囲に存在しない建物及び避難施設の代替性がない建物を「非難が困難な建物」として扱うものとする。

#### 【参考文献】

- 1) 大畑大志郎, 高井信雄, 鏡味洋史: 釧路市中心市街地における津波避難施設配置の評価: マルチエージェントシステムを用いた津波からの避難シミュレーション その 2, 日本建築学会計画系論文集 No.612, pp. 87-91, 2007.2
- 2) 大分県防災対策推進委員会: 大分県津波浸水予測調査結果 (確定値) について, 2013.2
- 3) 大分県教育委員会: 防災・避難対策マニュアル〜地震・津波の災害発生に備えて〜, 2011.9
- 4) 国土交通省報道発表資料: 東日本大震災の津波被災現況調査結果 (第 3 次報告), 2011.12
- 5) 都市防災実務ハンドブック編集委員会: 震災につよい都市づくり・地区まちづくりの手引き, ぎょうせい, 2005.2

\*1 大分大学大学院工学研究科 博士前期課程

\*2 大分大学工学部福祉環境工学科 准教授・博士 (工学)

# Substitute and Subject on Evacuation Facilities Assuming Earthquake, Tsunami and Sediment Disaster

○Masaya IKEBE\*<sup>1</sup>

Yudai OTACHI\*<sup>1</sup>

Yuji KOBAYASHI\*<sup>2</sup>

Keywords: Evacuation Facilities, landslide Disaster, Earthquake and Tsunami

Because of the 2011 Tohoku earthquake and tsunami, over 400,000 people can't make their living. To increase safety of disaster, we have to think not only earthquake but also other disasters like landslide disaster in the place which estimated coming earthquake and tsunami. This research will make the Substitute which evacuation facilities have clear, and get hold of the state of evacuation facilities Usuki, Tsukumi and Saiki cities.

First, using GIS system, we investigate two cities to get hold of the area which is influenced by tsunami. According to the investigations, Usuki and Tsukumi Cities have many points which are influenced by tsunami, especially the center of cities does. Saiki city will suffer highest Tsunami in Oita prefecture, so Saiki city will suffer biggest damage by tsunami.

Second, we also investigate two cities to get hold of the area which was influenced by landslide disaster. According to investigations, Usuki city has many danger point which landslide disaster will occurred in center of the city. Tsukumi city is encrusted almost city area with landslide disaster area. Saiki City has some danger point which landslide disaster will occurred in its seashore area near the city center.

Third, we investigate Substitute and Subject on evacuation facilities of the buildings where stand in both of tsunami area and landslide disaster area. In Usuki city, there are over 27.1 percent buildings which stands in the place where distance from near evacuation facilities are over 2,000m, and almost of buildings have only one or don't have evacuation facilities. In Tsukumi city, there are only 6.1 percent buildings stands in the place where distance from near evacuation facilities are over 2,000m, and almost of buildings have plural evacuation facilities near the building. In Saiki city, there are only 29.3 percent buildings stands in the place where the distance from near evacuation facilities are in 2,000m, and only 6.1 percent buildings have plural evacuation facilities near the building.

According to this research, the Substitute of Evacuation Facilities is different conditions in Usuki, Tsukumi and Saiki cities. We think that to get more safety, we need to take measures as appropriate as cities need. And also, the place which many buildings which will be influenced by tsunami or landslide disaster stood needs the measure which people can escape more disaster safety.

---

\*1 Graduate School of Oita Univ.

\*2 Associate Professor, Dept. of Architecture, Faculty of Eng, Oita Univ., Dr. Eng.