

地 震 津 波 に 関 す る  
リ ス ク コ ミ ュ ニ ケ ー シ ョ ン と  
避 難 シ ミ ュ レ ー シ ョ ン に 関 す る 研 究  
～ 輪 島 市 輪 島 地 区 の 事 例 を 通 して ～

野 村 尚 樹

平 成 26 年 1 月

# 博 士 論 文

## 地 震 津 波 に 関 す る リ ス ク コ ミ ュ ニ ケ ー シ ョ ン と 避 難 シ ミ ュ レ ー シ ョ ン に 関 す る 研 究 ～ 輪 島 市 輪 島 地 区 の 事 例 を 通 して ～

金沢大学大学院自然科学研究科

環境科学専攻

環境計画講座

学 籍 番 号 1123142408

氏 名 野村 尚樹

主任指導教員名 宮島 昌克

# 目 次

---

	ページ
第 1 章 序論	1
1.1 研究の背景と目的	2
1.2 我が国における防災の歴史と法整備	3
1.2.1 我が国における防災の歴史	3
1.2.2 我が国における災害に関する法整備	6
1.3 関連する既往の調査, 研究	9
1.3.1 地震防災アンケート調査に関する研究	9
1.3.2 地震防災ワークショップに関する研究	10
1.3.3 地震避難シミュレーションに関する研究	11
1.4 本論文の構成	13
第 1 章の参考文献	15
第 2 章 地震津波災害に対する住民意識分析	17
2.1 はじめに	18
2.2 アンケート調査概要	18
2.2.1 調査概要	18
2.2.2 調査結果	20
2.3 アンケート分析	34
2.3.1 クロス集計及びクラメル連関係数による意識分析	34
2.3.2 分析結果	37
2.4 まとめ	40
第 2 章の参考文献	40
第 3 章 ワークショップ手法を用いた リスクコミュニケーション分析	41
3.1 はじめに	42
3.2 リスクコミュニケーション概要	42
3.2.1 リスクコミュニケーションの区分	42
3.2.2 リスクコミュニケーションの必要性	43

3.3	ワークショップ概要	44
3.3.1	計画概要	44
3.3.2	第1回ワークショップ	48
3.3.3	第2回ワークショップ	51
3.3.4	第3回ワークショップ	57
3.3.5	ワークショップの結果	58
3.4	まとめ	69
	第3章の参考文献	71

## 第4章 マルチエージェントシステムを用いた

	地震津波避難シミュレーション分析	72
4.1	はじめに	73
4.2	輪島市臨港地域概要	73
4.2.1	対象エリア概要	73
4.3	輪島市が保有するGISの活用	78
4.3.1	輪島市GISの現状	78
4.3.2	統合GIS化	78
4.4	避難速度計測調査	80
4.4.1	避難速度計測調査概要	80
4.4.2	避難速度計測調査結果	83
4.5	マルチエージェントの概要	85
4.5.1	マルチエージェントシステム	85
4.5.2	エージェントの設定	87
4.5.3	道路閉塞率の設定	91
4.5.4	避難場所の設定	91
4.5.5	津波想定到達時間の設定	94
4.6	地震津波避難シミュレーション分析	95
4.6.1	地震津波避難シミュレーション分析概要	95
4.6.2	個人避難シミュレーション分析結果	96
4.6.3	家族避難シミュレーション分析結果	101
4.6.4	避難シミュレーション結果に基づく改良	106
4.7	まとめ	114
	第4章の参考文献	115



第 5 章	結 論	116
5.1	はじめに	117
5.2	本研究論文から得られた知見	117
5.3	地域防災力向上における提案	119
5.4	今後の課題	120
謝 辞		122

# 第 1 章 序 論

## 第1章 序 論

### 1.1 研究の背景と目的

2011年3月11日14時46分、三陸沖にて、我が国の観測史上最大となるマグネチュード9.0の東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）が発生し、未曾有の大惨事となった。この地震は青森県から福島県の広範囲に渡り、地震津波、大規模火災、液状化現象及び地盤沈下などの甚大な被害をもたらした。最大震度は宮城県栗原市の震度7であり、三陸沖の震源地から遠く離れた関東エリアでも液状化現象や帰宅困難者が多数発生し、一時的ではあるが都市機能は麻痺する結果となった。地震発生後30～60分で最大波が到達し津波の高さは10m以上、遡上高は30mを超えて内陸部にまで遡上した。この地震津波による死者や行方不明者は2万人近くとなった。

この未曾有の大惨事という教訓を踏まえて、内閣府中央防災会議内の専門調査会（東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会、地方都市等における地震防災のあり方に関する専門調査会、災害時の避難に関する専門調査会等）にて多くの施策が取りまとめられた。共通する施策としては、最大クラスの地震津波に対しては被害の最少化を主眼とする「減災」の考え方に基づいた対策を講じることを基本としていることである。今までのような海岸保全施設等のハード対策によって、まずは被害をできる限り軽減し、それを超える津波などに対してはソフト対策で補うということである。

ここで、ソフト対策の現状を3つの視点で以下のように整理する。①防災情報と言う点では、ハザードマップや避難所マップ等が挙げられるが、地域によっては広く住民に認知されている状態とは言い難く、ハザードマップ作成にあたり地域住民の知識や意見等が反映されていないことが多く、避難所の配置については公的施設が中心で地域人口密度に対してバランスが良い状態になっているとは言い難いなどの現状にある。②防災教育という点でも、地区の防災組織や行政及び学校との連携は十分とは言えず、各々が単独で防災教育等を行っている為に地域が一体となった行動ルール等が形成されていないなどの課題も多い。③防災連携という点では、地域住民の多くは公助に頼る傾向が強く、何かあったら役所が助けてくれるという固定観念が根付いており、自助や共助への移行が進まないという現状がある。

現在、内閣府の中央防災会議内の各種専門調査会<sup>1)</sup>などでは、ソフト対

策のあり方について議論され一定の方向について整理されている状況にある。重要項目としては、各主体の防災リテラシー向上が急務であり、幾つかの重要項目を以下に示す

- ① 円滑な避難行動のための体制整備とルールづくり
  - ② 避難場所・避難路等の適切な選定
  - ③ 地震・津波に強いまちづくり
  - ④ 防災意識の向上
  - ⑤ 地域コミュニティとの連携
  - ⑥ 自助・共助の促進
- などがある。

しかし、地方都市においては過疎化や地域コミュニティの高齢化や防災専門家不足。また、地域における防災リスク認知度に大きな個人差が生じていることもソフト対策が進まない要因となっていることも事実である。

以上のような背景を踏まえ、本研究では地方都市におけるソフト対策のあり方について、近年に大きな地震を経験した輪島市臨港地域において、地震津波災害における地域防災力向上に関するリスクマネジメント研究を行うことを目的とする。

## 1.2 我が国における防災の歴史と法整備

### 1.2.1 我が国における防災の歴史<sup>1)</sup>

我が国は、環太平洋地震帯に位置し、地殻変動が激しく、活発な地震活動を繰り返している歴史がある。これらの地震の多くは甚大な被害をもたらしてきた。近年では、1995年の兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）や2011年の東北地方太平洋沖地震など、未曾有の大惨事を教訓に行政、民間、地域住民の各分野において様々な対策の強化を図りつつある。本研究に先立ち、我が国の地震防災に関する歴史を整理する。

#### (1)江戸時代以前

日本で最初の防災法は、718年の養老律令にさかのぼると言われており、その内容とは、「火気を使う蔵から50丈（約150m）離れた所に母屋を建てよ」ということが書かれている。こうした心得は防災の基本であり、現代でも通じるところがある。また、建築に関しても鎌倉時代初期に中国から導入された構造方法によって、木造建築の耐震性が高められた。

## (2) 江戸時代

江戸時代の防災対策は防火に重点が置かれており、その対策は前期と後期に区分することができる。

前期には徳川家光が初めて奉書火消という火消制度を設け、寛永年間に入ると定火消という常備消防組織に発展した。また、都市計画的な防災としては火除地や火除堤等のオープンスペース確保が進められた。これは、火災が起こってから家屋を取り壊して延焼を防止する破壊消防から、事前に延焼の恐れのある部分をあらかじめ除却しておく予防対策への発想の転換であった。このような対策は現代の施策にも受け継がれている。

後期になると徳川吉宗の時代に町火消制度が設けられた。前期では「公」が中心となった制度であったが、後期の制度は地域が防災に参加し連携するといった地域コミュニティ主導の「共助や自助」などの先がけと考えられる。都市防災的な防災としては、火除地や広小路の拡充が進められたことや小石川療養所に避難所の機能が付加されるなど防災機能が強化された。

復興対策については、避難者救援のための積立金制度の創設や安政江戸地震の際には、御救米や御救小屋の提供や被災した藩への金銭貸与等の対策なども講じられた。

## (3) 明治時代以降

明治時代の主な防火対策としては、明治 5 年から始まった銀座の煉瓦街づくりや明治 14 年の防火地域の指定などが挙げられる。その後の都市計画法制定につながる東京市区改正条例の中で「防災」が強調され、様々な対策が講じられる契機となった。以下に主な地震と防災対策の関連について記す。

濃尾地震（1891 年 10 月、明治 24 年）では多くの木造家屋や煉瓦建物が倒壊し、西欧の技術をそのまま日本に適用することが問題視され、この地震を契機に建物や構造物の耐震化研究が開始されることとなった。

関東大震災（1923 年 9 月、大正 12 年）では未曾有の地震災害となり、特に地震火災による被害が顕著であり、多くの建物が被害を受けたが耐震設計が施された建物の被害は少なかった。この教訓を受けて区画整理、道路、公園等の都市防災機能の強化が推進され、翌年には市街地建築物法を改正し世界に先駆けて耐震規定を盛り込んだ。

福井地震（1948 年 6 月、昭和 23 年）では全壊率 100% 近くに達する地域や従来よりも大きな被害を受けた地域があった。この地震を契機に気象庁の震度階級に震度 7 が新たに加えられた。昭和 25 年には耐震震度を今までの 2 倍にした建築基準法が公布された。

伊勢湾台風（1959年9月，昭和34年）では，これまでの災害対策が事後対応中心であったことの問題点を浮き彫りにし，予防，応急，復旧，復興を含めた総合的な対策の必要性が指摘され，昭和36年には，それ以後の災害対策の根幹となる災害対策基本法が制定された．

新潟地震（1964年6月，昭和39年）では，津波による浸水や石油タンクの炎上火災などもあり，周辺住宅の延焼など多くの被害をもたらした．この地震を契機に保険会社の支払い能力を超えた場合に政府が保証すると言った再保険制度を導入した上で，地震保険制度が発足した．

日本海中部地震（1983年6月，昭和58年）では，津波による被害が特に大きな問題となった．一部の沿岸では地震発生後7分で津波が到達し，避難時間に余裕が無かった．これを契機に国や県及び市町村は津波到達までに住民を安全に避難することができる津波避難対策等の検討に本格的に取り組むことになった．

兵庫県南部地震（1995年1月，平成7年）では，建物被害，人的被害，火災などあらゆる面で都市震災への対応の難しさを見せつけられる結果となった．これを契機に我が国を挙げて様々な対策の充実強化が図られることとなった．

東北地方太平洋沖地震（2011年3月，平成23年）では，今までの想定をはるかに超える地震や津波により東北地方を中心に甚大な人的・物的被害が発生した．この地震以降，「想定外」という言葉を多く耳にすることになり，このことを重く受け止め，地震や津波の想定について個々の対策全体を徹底的かつ抜本的に防災対策全体を再構築すると共に，今まで大きな地震を経験していない地域であっても備えを万全にする必要性を再認識した．これを契機に国をはじめとする多くの自治体では防災計画の見直しを行っている．

#### (4) 石川県に被害を及ぼした主な地震の歴史<sup>2)</sup>

我が国では過去に大きな地震を経験しているが，石川県においても過去に5回の大きな地震を経験している．石川県に被害を及ぼした主な地震の歴史を以下に示すが，過去から現在に向けて緩やかではあるが地震発生周期が短くなってきている傾向が確認でき，地震発生エリアを北陸地方とした場合は，地震発生回数も増加傾向にあることが確認できる．

能登・佐渡地震（1729年8月，享保14年）では，当時の珠洲郡、鳳至郡で死者5人、家屋全壊・同損壊791棟，輪島村で家屋全壊28棟と大きな被害を受けた．特に能登半島先端の被害が大きかった．

金沢地震（1799年6月，寛政11年）では，金沢城下町周辺や能美郡・石

川郡・河北郡で家屋被害約 1000 棟，死者 21 名を大きな被害を受けたが，輪島周辺の被害は小さかった。

日本海中部地震（1983 年 5 月，昭和 58 年）では，輪島市で 2.4m，輪島市舩倉島では 4m を超える津波が確認された。負傷者は 3 名，家屋被害は 8 件であったが，津波による水産施設の被害が舩倉島では多く確認された。

能登半島地震（1892 年 12 月，明治 25 年）では，羽咋郡高浜町周辺で死者 11 名，負傷者 5 名と大きな被害を受けた。

能登半島地震（1933 年 9 月，昭和 8 年）では，死者 3 人，負傷者 55 人と大きな被害を受けたが家屋の被害は小さかった。

能登半島地震（2007 年 3 月，平成 19 年）では，死者 1 名，負傷者 338 人，家屋全壊は 684 棟と過去最大となる甚大な被害を受けた。輪島市ではこの教訓を受けて防災マニュアル策定や地震発生日の 3 月 25 日を防災の日に設定するなどの防災対策を強化するきっかけとなった。

### 1.2.2 我が国における災害に関する法整備

日本の災害対策（内閣府）<sup>3)</sup>によると，我が国は，地震や火山活動が活発な環太平洋変動帯に位置し，世界の 0.25% という小さな国土面積に比較して，地震の発生回数の割合は下記に示す図-1.1 より世界の 20.5% (2000 年から 2009 年の合計) と極めて高いものとなっている。また，毎年のように自然災害が発生し，多くの人命や財産が失われている。

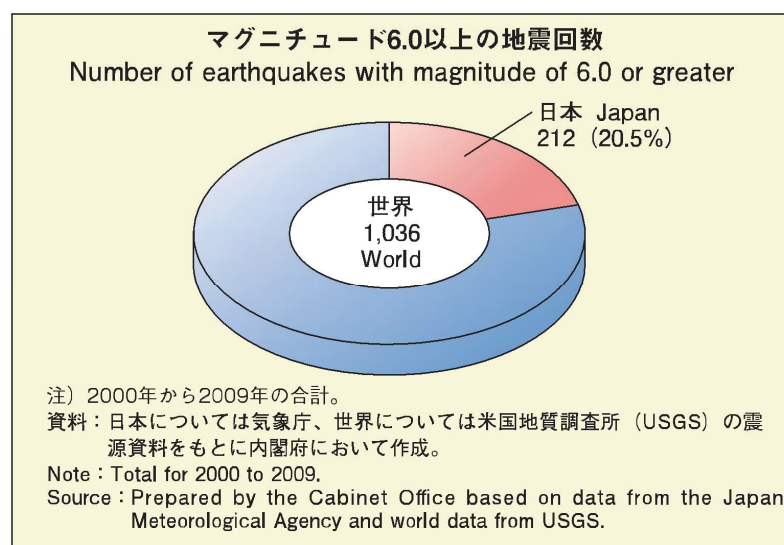


図-1.1 世界の災害に対する日本の割合 <sup>3)</sup>

## 第1章 序 論

我が国で発生した大規模な自然災害と災害対策に係る主な法制度を表-1.1に示すが、自然災害の経験を契機として様々な防災対策や法整備が迅速に強化されている歴史を確認することができる。

表-1.1 我が国における自然災害と法整備<sup>3)</sup>

契機となった災害	災害対策に係る主な法制度	防災計画・体制等
<b>1940年</b> 1945 (昭和20年) ・枕崎台風 1946 (昭和21年) ・南海地震 1947 (昭和22年) ・カスリーン台風 1948 (昭和23年) ・福井地震	47・災害救助法 49・水防法	
<b>1950年</b> 1959 (昭和34年) ・伊勢湾台風	50・建築基準法	
<b>1960年</b> 1961 (昭和36年) ・豪雪 1964 (昭和39年) ・新潟地震	60・治山治水緊急措置法 61・災害対策基本法 62・激甚災害に対処するための特別な財政援助等に関する法案 豪雪地帯対策特別措置法 66・地震保険に関する法律	61 防災の日創設 62 中央防災会議設置 63 防災基本計画
<b>1970年</b> 1973 (昭和48年) ・桜島噴火 1976 (昭和51年) ・浅間山噴火 東海地震発生可能性の研究発表 (地震学会) 1978 (昭和53年) ・宮城県沖地震	73・活動火山周辺領域における避難施設等に関する法律 (→昭和53年、活動火山対策特別措置法) 78・大規模地震対策特別措置法	79 (東海地震) 地震防災計画
<b>1980年</b>	80・地震防災対策強化地域における地震対策緊急整備事業に係る国の財政上の特別措置に関する法律 81・建築基準法一部改正	83 防災週間創設
<b>1990年</b> 1995 (平成7年) ・兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災) 1999 (平成11年) ・広島豪雨 JCO 臨界事故	95・地震防災対策特別措置法 建築物の耐震改修の促進に関する法律 建築物の耐震改修の促進に関する法律 大規模地震対策特別措置法一部改正 96・特定非常災害の被害者の権利利益の保全等を図るための特別措置に関する法律 97・密集市街地における防災地区の整備の促進に関する法律 98・被災者生活再建支援法 99・原子力災害対策特別措置法	95 防災基本計画全面修正 防災とボランティアの日等創設
<b>2000年</b> 2000 (平成12年) ・東海豪雨 2004 (平成16年) ・新潟・福島豪雨等 2004 (平成16年) ・新潟県中越地震	00・土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律 01・水防法一部改正 02・東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法 03・特定都市河川浸水被害対策法 04・日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策推進に関する特別措置法 05・水防法一部改正 土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律の一部改正 建築物の耐震改修の促進に関する法律一部改正 06・宅地造成等規正法一部改正	01 内閣府設置 03 東海地震対策大綱 東南海・南海地震対策大綱 東海地震防災対策推進基本計画 04 東南海・南海地震防災対策推進基本計画 05 東海地震の防災推進戦略 東南海・南海地震の地震防災戦略 首都直下地震対策大綱 06 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震対策大綱 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震防災対策推進基本計画 首都直下地震の地震防災戦略 災害被害を軽減する国民運動の推進に関する基本方針 08 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震の地震防災戦略 09 中部圏・近畿圏直下地震対策大綱



我が国における災害対策基本法は、自然災害から国土並びに国民の生命、身体及び財産を保護することを国の最重要課題としており、甚大な被害をもたらした伊勢湾台風を契機に総合的かつ計画的な防災対策の強化を図るために昭和 36 年に災害対策基本法が制定された。その後も大規模な自然災害の教訓を踏まえて防災体制は充実強化されてきている。災害基本法の防災体制においては、予防、応急、復旧、復興という災害のあらゆる局面に応じて国や自治体の権限と責任が明確化されており、官民の関係主体が連携して対策を講じている。

災害対策基本法の主な内容として、①防災責任の明確化、②防災に対する組織、③防災計画、④災害予防、⑤災害応急対策、⑥災害復旧、⑦財政金融措置、⑧災害緊急事態が挙げられる。

以下の図-1.2 に防災体制の概要を示す。

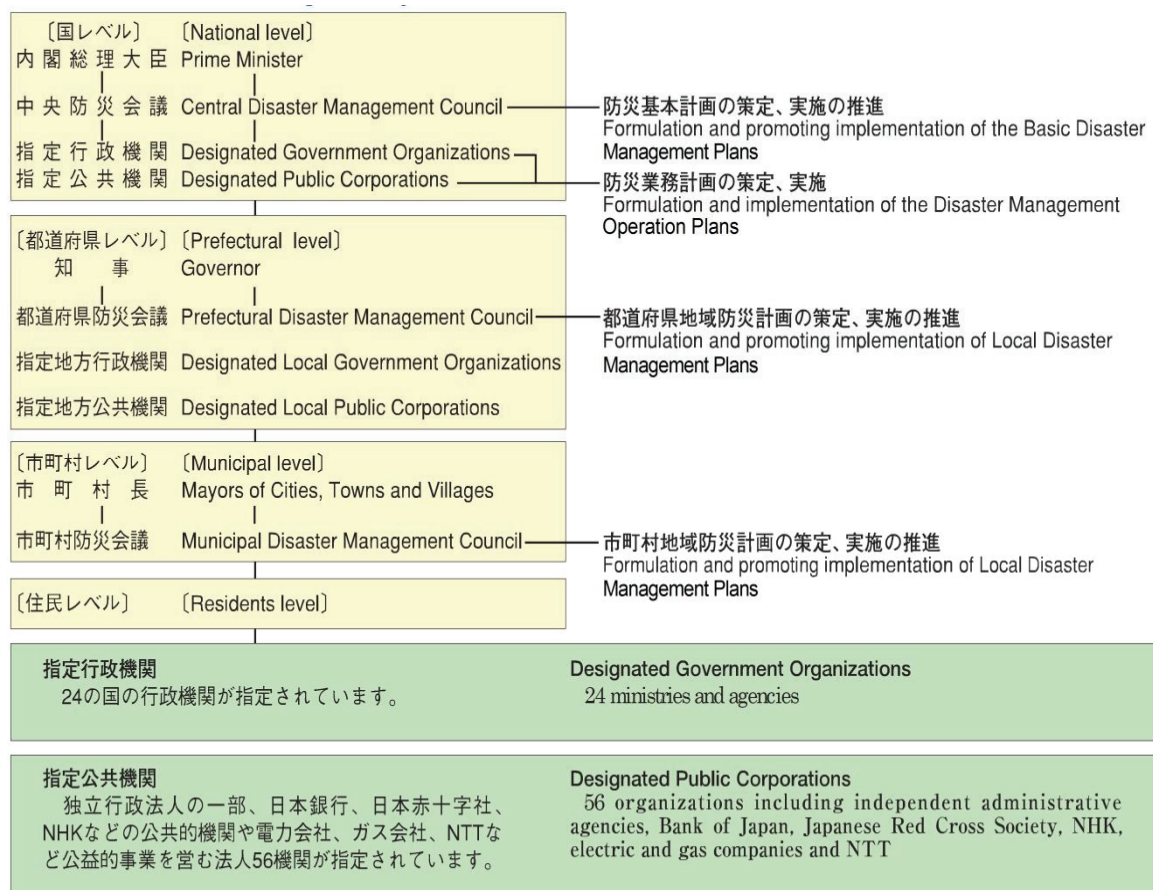


図-1.2 防災体制の概要 <sup>3)</sup>

以上より、我が国における防災の歴史は 1959 年の伊勢湾台風を境に大きく変化したことが確認できた。具体的には伊勢湾台風以前は事後対応中心であり、以後は予防、応急、復旧、復興を含めた総合的な対策へと変化した。また、自然災害を契機に定められた各種法整備は、自然災害が発生した同年もしくは数年で制定されているという迅速な対応も確認することができた。

研究のフィールドとなる石川県輪島市においても多くの地震災害を経験しており、近年では 2007 年の能登半島地震を契機に防災マニュアルの制定や防災の日制定へと各種対策を講じてきていることが確認できた。

### 1.3 関連する既往の調査、研究

我が国では防災に関する研究は多くの研究者によって行われているが、1995 年の阪神・淡路大震災以降ではより多角的な研究が多く行われている。本研究論文をまとめるにあたり、以下に示す論文の骨格となる 3 項目について既往論文等の整理を行う。

- ①地震防災アンケート調査
- ②地震防災ワークショップに関する研究
- ③地震避難シミュレーションに関する研究

#### 1.3.1 地震防災アンケート調査に関する研究

地域住民を対象とした地震防災に関するアンケート調査は、土木学会などで幾つか論文として取りまとめられており、その一例を以下に示す。

小宮らによる「アンケート調査による住民の地震リスク認識の地域特性の研究、2002」<sup>4)</sup>では防災対策推進及び地域のリスク管理の観点から、個人レベルのリスクの低減行動と密接に関係する地震リスクに対する居住者の意識を把握することを目的に、世田谷地区と墨田地区の住宅地を対象にアンケート調査を行い、居住者のリスク認識の実態を整理し地域間におけるリスク認識の違いについて分析を行っている。

大石らによる「大地震に対する静岡県民の意識に関するアンケート調査、2004」<sup>5)</sup>では、東海地震の危険性が言われつづけてきた静岡県に着目し、災害に対する知識、地震対策に関する知識、地震情報に関する意識について現状を把握し分析を行っている。しかし、サンプル数が 100 名と少ないことから予備調査という段階である。

岡西らによる「横浜市における防災まちづくり推進のあり方に関する調査、2008」<sup>6)</sup>では、ソフト・ハード両面の防災まちづくりの推進のあり方を検

討するために、地域住民に対して住環境と防災に関するアンケート調査を実施し、住環境と防災意識の関連を分析し、日常生活に即した総合的な地域の安全性向上について提案している。

佐藤らによる「地震防災の意識調査に関する研究(第2報), 2002」<sup>7)</sup>では、日本大学の学生を対象に過去8回実施したアンケート調査について分析し、大学生からみた地震防災に関する見解、並びに大地震における防災意識の在り方についてアンケート調査を行っている。しかし、アンケート調査内容は専門的要素が強い傾向にあり、専門家に対する防災意識調査という側面が強い研究となっている。

松田らによる「東海・東南海地震を対象とした地域防災力診断アンケートの基礎的分析, 2005」<sup>8)</sup>では、地域防災の専門家(NGO)と住民が知識共有を促進する手段としてアンケート調査を実施し、診断シートという手法を持ちいて関連性を分析している。

桑沢らによる「津波避難意思決定構造を考慮した防災教育効果の検討, 2006」<sup>9)</sup>では、住民の津波避難の意思決定構造に着目したアンケートを紀伊半島沖地震や東海道沖地震を経験した尾鷲市にて実施し、シナリオシミュレーションの導入による防災教育効果に関する検証を行っている。

以上より、既往の研究は地震や地震防災全般を扱ったアンケート調査が多く、地震による津波や地域特性を意識した調査は行われていない。松田らの研究は、地域との協働という新しい観点に切り込んでいるが、地震全般に関する基礎的分析であり、地域特性を含めていないことを踏まえて、本研究のアンケート調査を行う。

### 1.3.2 地震防災ワークショップに関する研究

地域住民を対象としたワークショップは、土木学会や地域安全学会などで幾つか論文としてまとめられている。その一例を下記に示す。

福島らによる「地震災害に対する住民の防災意識向上のためのリスクコミュニケーションに関する基礎的研究, 2004」<sup>10)</sup>では、リスクコミュニケーション手法により地震災害のリスクと不確実性を伝える上での問題点について検討がなされている。

安倍らによる「ワークショップ手法による沿岸地域の津波避難計画立案の提案と展開, 2005」<sup>11)</sup>では、岩手県釜石市根浜地区や宮城県志津川町新井田川地区の二都市にてワークショップ手法(図上演習やまち歩きにより地域理解)を通じて、防災意識の向上や防災協働について議論し、避難計画の立案や津波防災対策に関する有効性について研究がなされている。

小村らによる「災害図上訓練DIG (DisasterImagination Game) の現状と課題, 1998」<sup>12)</sup>では, 過去のワークショップから見るDIGの方向性や, 防災教育・防災訓練としてのDIGの可能性(地元の再発見, 小学校における社会科実習, 町会のイベント等)及び, 今後のDIGの可能性や課題(普及と指導員の養成)に関する研究がなされている。

村上らによる「住民・自治体協働による防災活動を支援する情報収集・共有システムの開発, 2009」<sup>13)</sup>では, ワークショップや防災訓練を通じて住民・自治体協働による防災活動を支援するWeb-GISシステム開発のあり方や震災直後を想定した防災訓練にて実用実験を行うなどの研究がなされている。

里村による「仙台市における町内会防災マップの作成と住民の被害軽減行動への効果, 2006」<sup>14)</sup>では, 防災マップが住民の行動に与える効果を, アンケート調査によって検討し, ワークショップにて, 防災マップによる効果をより高めるためには住民自らがその作業に参加する取り組みについて研究がなされている。

小笠原らによる「自主防災の意識向上に対する津波防災ワークショップの役割, 2006」<sup>15)</sup>では, 岩手県宮古市にて地域住民を対象としたワークショップを通じて避難行動意識の向上に関する分析を行っている。

加藤らによる「避難意思決定要因に基づく津波避難ワークショップの効果分析, 2009」<sup>16)</sup>では, 釧路市の2地区を対象としたワークショップを通じて動画や復元図などを用いて避難意識の向上に関する分析を行っている。

以上より, 既往の研究では様々な視点で地域住民の地域防災力向上に関する研究がなされている。特に福島らの研究では防災分野にリスクコミュニケーションと言う新たな視点の可能性について検討が行われ, 小笠原や加藤らの研究では津波避難行動意識に着目したワークショップについて分析している。しかし, 地震津波全体に着目したワークショップやリスクコミュニケーションに関する研究は少ないことから, 本研究では地震津波防災に着目したワークショップについて研究を行う。

### 1.3.3 地震避難シミュレーションに関する研究

GISやマルチエージェントシステムなどを用いた避難シミュレーションに関する論文は, 土木学会や日本建築学会などで幾つか論文として取りまとめられている。その一例を以下に示す。

源らによる「自主防災組織で活用可能な津波避難シミュレーションシステムの開発に関する基礎的研究, 2007」<sup>17)</sup>では, 一つの町会を対象として自

主防災組織で活用可能な津波避難シミュレーションシステムの開発を目的として、各住民の歩行速度並びに家屋倒壊による道路閉塞等を考慮した避難シミュレーションシステムをGISとペトリネットシステムを用いて構築し、その実用性について研究がなされている。

田村らによる「街路閉塞を考慮した津波浸水時の避難シミュレーション手法の適用、2005」<sup>18)</sup>では、がれきの飛散による道路閉塞率と津波浸水時の避難速度を定義した上で、モンテカルロシミュレーションを用いて津波襲来時の人的被害の発生に及ぼす街路閉塞の影響について基本的な検討を行うとともに、この結果に基づき避難路及び避難所の整備について、そのあり方に関する研究がなされている。

大沸、守澤による「都市内滞留者・移動者の多様な状態と属性を考慮した大地震における広域避難行動シミュレーションモデル、2011」<sup>19)</sup>では、大都市を対象として、火災延焼時の避難シミュレーションについてマルチエージェントモデルを用いて広域避難行動におけるリスク評価について研究がなされている。

濱田らによる「津波常襲地域住民の防災意識に基づく避難場所の配置計画、2005」<sup>20)</sup>では、避難行動や避難場所に関するアンケート調査を基にGISにて避難場所の配置計画に着目したシナリオシミュレーションを分析している。

堀らによる「地震時の緊急避難行動を予測するシミュレーション手法の開発に関する基礎的研究、2005」<sup>21)</sup>では、地下空間における緊急避難を予測するためにマルチエージェントシミュレーションのプロトタイプの開発に関する基礎的研究を行っている。

宮嶋らによる「地震避難行動シミュレーションのためのマルチエージェントの開発、2007」<sup>22)</sup>では、GISデータをマルチエージェントシステム内に自動構築する変換方法について研究が行われ、その一例として避難シミュレーションを行っている。

しかし、既往の研究は、研究のために構築したGISを用いて小さなエリアを対象とした避難シミュレーションなどを行っていることや、避難速度の設定も仮定値であり必ずしも現実性が高いとは言えず、この手法を多くの地方自治体で適用するには、多大な費用と時間が必要になってしまう問題点が残る。また、避難速度などは既往の研究にて求められた数値を用いており、検証が行われていない点では若干の疑問が残る。本研究では、避難速度についての計測調査を行うと共に、多くの自治体で構築可能なGISデータを用いた地震津波シミュレーション研究を行う。

## 1.4 本論文の構成

本論文の構成は以下に示すとおりである。

第1章 序 論

第2章 地震津波災害に関する住民意識分析

第3章 ワークショップ手法を用いたリスクコミュニケーション分析

第4章 マルチエージェントシステムを用いた地震津波避難シミュレーション分析

第5章 結 論

第1章は本論文の序論であり、研究の背景と目的を延べ、既往の調査や研究及び防災の歴史について整理すると共に、本論文の構成を示す。

第2章では、2007年能登半島地震を経験した輪島市臨港地域周辺（輪島地区）の住民を対象としたアンケート調査を実施し、地震津波災害に関する住民意識分析として①現時点における地域住民の防災意識を把握する。②地域の脆弱性に関する意識を把握する。③地域防災力向上に関する意識改革の方向性を把握する。

第3章では、第2章のアンケート調査分析結果を踏まえた上で、津波想定浸水エリア内もしくは近接している町会に住まれている方々を対象としたワークショップを実施し、防災意識や認識の違い及び防災意識の変化について、①T-DIG(Town－Disaster Imagination Game)<sup>23)</sup>による地域のリスク抽出とフィールド調査によるリスク認知。②リスクコミュニケーションによる自助・共助・公助のあり方。などの防災リスクコミュニケーション分析を行う。

第4章では、輪島市が保有するGISデータを基本とした地震津波避難シミュレーションを行うにあたり、避難速度計測調査にて地域住民の特性を把握した上で、昼と夜かつ個人避難と家族避難に区分したケースにて地震津波避難シミュレーションを行い、その結果を基に、避難者の誘導方法や避難場所の最適化等の今後のあるべき姿に関する地震津波避難シミュレーションを行う。

第5章では、本研究え得られた成果と今後の地域防災力向上及び防災教育に関する課題と提案について示し、取りまとめる。

図-1.3に本研究のフローを示す。

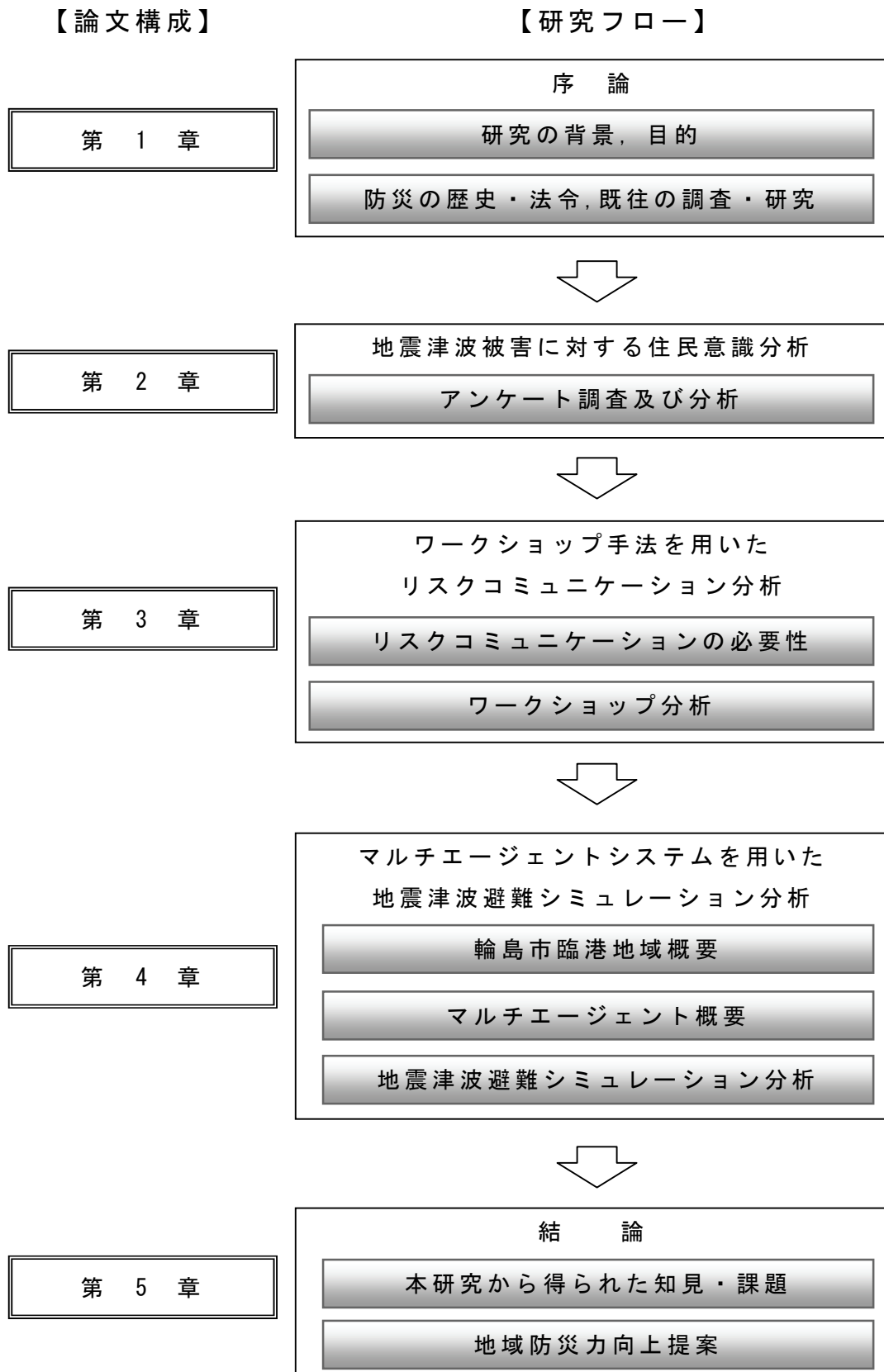


図-1.3 本研究のフロー

## 第1章の参考文献

- 1) 内閣府中央防災会議「今後の地震対策のあり方に関する専門調査会」：  
今後の地震対策のあり方について(報告書)，2002，  
<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/kongo/houkoku/index.html>，(2013年10月20日閲覧)。
- 2) 文部科学省研究開発局地震・防災研究科地震調査研究推進本部事務局  
<http://www.jishin.go.jp/main/yosokuchizu/index.html>，(2013年12月12日閲覧)
- 3) 日本の災害対策，内閣府，2011  
[www.bousai.go.jp/1info/pdf/saigaipanf.pdf](http://www.bousai.go.jp/1info/pdf/saigaipanf.pdf)，(2013年10月20日閲覧)。
- 4) 小宮充豊，河東孝明，山崎文雄：アンケート調査による住民の地震リスク認識の地域特性の研究，地域安全学会梗概集，No.12，pp.107-110，2002。
- 5) 大石美穂，久木章江，柴田幸枝：大地震に対する静岡県民の意識に関するアンケート調査，日本建築学会学術講演梗概集，pp.445-446，2004。
- 6) 岡西靖，佐土原聡：横浜市における防災まちづくり推進のあり方に関する調査(地域住民に対するアンケート調査の分析から)，地域安全学会梗概集(23)，pp.61-64，2008。
- 7) 佐藤裕一，山辺克好：地震防災の意識調査に関する研究(第2報)，日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)，pp.67-68，2002。
- 8) 松田曜子，糸谷友宏，岡田憲夫：東海・東南海地震を対象とした地域防犯力診断アンケートの基礎的分析，京都大学防災研究所年報，Vol48(B)，pp.75-82，2005。
- 9) 桑沢敬行，金井昌信，細井教平，片田敏孝：津波避難の意志決定構造を考慮した防災教育効果の検討，土木学会土木計画学研究論文集 No.23 no.2，pp.345-354，2006。
- 10) 福島徹，田中章太，鳥居宣之，沖村孝：地震災害に対する住民の防災意識向上のためのリスクコミュニケーションに関する基礎的研究，神戸大学都市安全研究センター研究報告第6号，pp.243-255，2008。
- 11) 安倍祥，神尾久，今村文彦：ワークショップ手法による沿岸地域の津波避難計画立案の提案と展開，土木学会海岸工学論文集，Vol.52，pp.1271-1275，2005。
- 12) 小村隆史，平野昌，久貝壽之：災害図上訓練 DIG の現状と課題，地域安全学会論文報告集(8)，pp.434-437，1998。



- 13) 村上正浩, 柴山明寛, 久田嘉章, 市居嗣之, 座間信作, 遠藤真, 大貝彰, 関澤愛, 末松孝司, 野田五十樹: 住民・自治体協働による防災活動を支援する情報収集・共有システムの開発, 日本地震工学会論文集 Vol.9, No.2, pp.200-219, 2009.
- 14) 里村亮: 仙台市における町内会防災マップの作成と住民の被害軽減行動への効果, 季刊地理学 Vol.58, pp.19-29, 2006.
- 15) 小笠原敏記, 佐々木信也, 堺茂樹, 古川隆: 自主防災の意識向上に対する津波防災ワークショップの役割, 土木学会海岸工学論文集 Vol.53, pp.1346-1350, 2006.
- 16) 加藤史訓, 諏訪義雄, 桜井厚, 安藤章, 川除隆広: 避難意思決定要因に基づく津波避難ワークショップの効果分析, 土木学会論文集 B2(海岸工学) Vol.B2-65, No.1, pp.1356-1360, 2009.
- 17) 源貴志, 成行義文, 藤原康寛, 三神厚, 澤田勉: 自主防災組織で活用可能な津波避難シミュレーションシステムの開発に関する基礎的研究, 土木学会地震工学論文集, pp.756-764, 2007.
- 18) 田村保, 西畑剛, 森屋陽一, 瀧本浩一, 三浦房紀: 街路閉塞を考慮した津波浸水時の避難シミュレーション手法の適用, 土木学会海岸工学論文集 Vol.52, pp.1286-1290, 2005.
- 19) 大沸俊泰, 守澤貴幸: 都市内滞留者・移動者の多様な属性を考慮した大地震時における広域避難シミュレーションモデル, 日本建築学会計画系論文集 Vol.76, pp.389-396, 2011.
- 20) 濱田洋平, 近藤光男, 渡辺公次郎, 竹内光生, 山口満: 津波常襲地域住民の防災意識に基づく避難場所の配置計画～須崎市を対象として～, 土木学会土木計画学研究・論文集, Vol.22, no.2, pp.315-323, 2005
- 21) 堀宗朗, 犬飼洋平, 小国健二, 市村強: 地震時の緊急避難行動を予測するシミュレーション手法の開発に関する基礎的研究, 社会技術研究会社会技術研究論文集, Vol.3, pp.138-145, 2005.
- 22) 宮嶋宙, 堀宗朗, 小国健二: 地震避難行動シミュレーションのためのマルチエージェントシステムの開発, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol.10, pp.535-541, 2007.
- 23) 瀧本浩一: 改訂版地域防災とまちづくりーみんなをその気にさせる災害図上訓練ー, イマジン出版, pp.37-47, 2011.

## 第 2 章

# 地 震 津 波 災 害 に 対 す る 住 民 意 識 分 析

## 第2章 地震津波災害に対する住民意識分析

### 2.1 はじめに

既往の研究では第1章 1.2.3 で述べたとおり，年代や地域を特定した地震及び地震全般に関するアンケート調査が行われ，今後の課題や防災のあり方について提言している．しかし，次世代を担う子供達も含めた地震津波災害を対象とした研究は今まであまり行われていない．そこで，本章では，2007年能登半島地震を経験した輪島市臨港地域周辺（以下，輪島地区）の住民を対象としたアンケート調査を実施し，次のことを明らかにするとともに，地域住民の地震津波災害に関する意識を把握することを目的とする．

- ①現時点における地域住民の防災意識を把握する．
- ②地域の脆弱性に関する意識を把握する．
- ③地域防災力向上に関する意識改革の方向性を把握する

### 2.2 アンケート調査概要

#### 2.2.1 調査概要

##### (1) アンケート調査の概要

本報告は，「金沢大学防災地震工学研究室と輪島市との地震工学共同研究に関する協定書」に基づき，輪島地区を対象とし，次世代を担う学生を含めたアンケート調査を行うことで，地域の防災意識を把握する．

##### (2) 調査票の配布・回収状況

調査票の配布，回収状況は次のとおりである．

##### a) 期 間

2012年3月1日～2012年3月31日

##### b) 配布地区，配布数の算出

輪島市全域は16地区に区分されており，今回は図-2.1に示す市街地かつ臨港地域である輪島地区を対象とした．輪島地区の住民数は12,338人であり，この住民数を有限母集団とし，信頼度95%に対する必要回答数は380人となる為，余裕を持たせて1,600部を配布することとした．

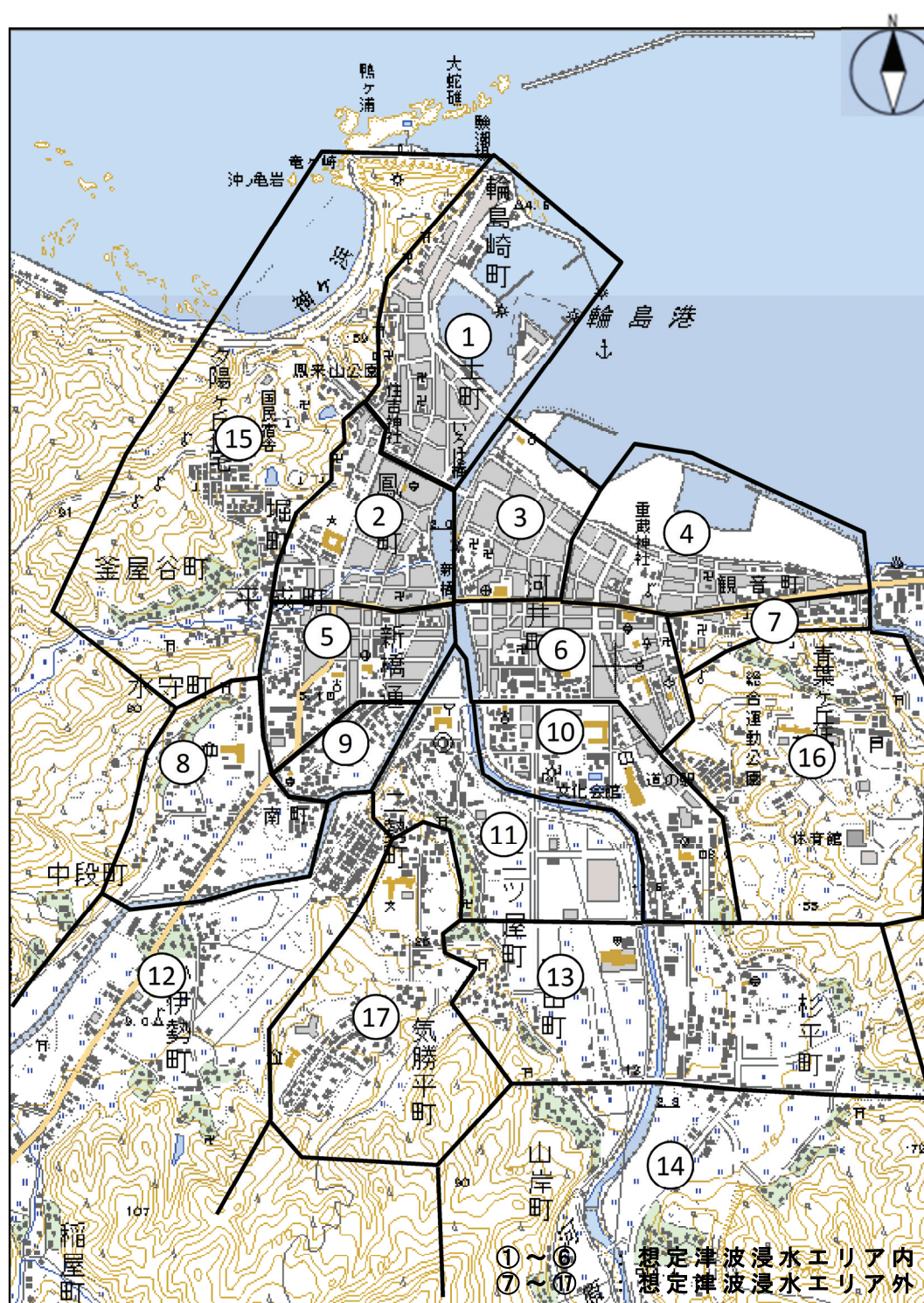


図-2.1 調査対象地区概要

c) 抽出方法，配布方法，回収

図-2.1 に示す輪島地区の①から⑰エリアを配布対象とし，地域構成・性別構成・年齢構成などと整合したアンケート調査を実施するにあたり，学生・

地域住民・公務員に区分して幅広い世代に対して配布を行った。学生(小中高)は学校を通じて配布し、地域住民へは各町会を通じて配布した。また、公務員は輪島市の協力を得て、市役所・警察・消防団・公立病院に配布した。表-2.1に示すように調査票は1,600部を配布し、1,224部を回収することができたが、内容を精査(回答の欠如や複数回答等を削除)した結果、有効回答数は822部となり分析に必要な必要回答数を十分満足することができた。

表-2.1 配布数・有効回答数及び有効回答率

職業別特性		配 布	有 効 回 答 数	有 効 回 答 率
学 生	小 学 生	270	68	25.2%
	中 学 生	150	36	24.0%
	高 校 生	80	60	75.0%
	小 計	500	164	32.8%
地 域 住 民		600	276	46.0%
公 務 員	市 役 所	170	149	87.6%
	病 院	80	59	73.8%
	警 察	30	13	43.3%
	消 防 団 ※	60	48	80.0%
	教 員	160	113	70.6%
	小 計	500	382	86.8%
合 計		1,600	822	51.4%

※消防団には消防団員（地域住民）を含んでいる。

## 2.2.2 調査結果

アンケート調査では、3つの大項目（①基本データ、②防災に関する現状の認識、③地震時の行動や地域の脆弱性に関する意識）に区分し、現在の輪島市地区住民の防災意識を確認した。また、アンケート調査結果を補完するために自由意見を記述できる項目を設けた。

### (1) 基本データ

アンケート調査から得られる結果の科学的妥当性及び信頼性について、以下に示す図-2.2 から図-2.4 について確認を行った。図-2.2 に示す地域構成では

想定津波浸水エリア内在住者が 32% でエリア外在住者が 68% となった。図-2.3 に示す性別構成では、男性 60.1% に対し女性が 39.9% となった。以上の 2 点について表-2.2 にて輪島地区の構成と対比した結果、概ね整合していることを確認した。また、図-2.4 に示す年齢構成では、アンケート調査の年齢構成と輪島地区の年齢構成が概ね整合することができた。

以上より、今回のアンケート調査は、輪島地区の住民意識を研究するにおいて妥当であると判断した。

表-2.2 アンケート調査と輪島地区の構成比率

	アンケート調査結果		輪島地区構成	
地域構成 (図-2.2)	津波浸水 エリア内	津波浸水 エリア外	津波浸水 エリア内	津波浸水 エリア外
	32.0%	68.0%	29.5%	70.5%
性別構成 (図-2.3)	男	女	男	女
	60.1%	39.9%	47.3%	52.7%

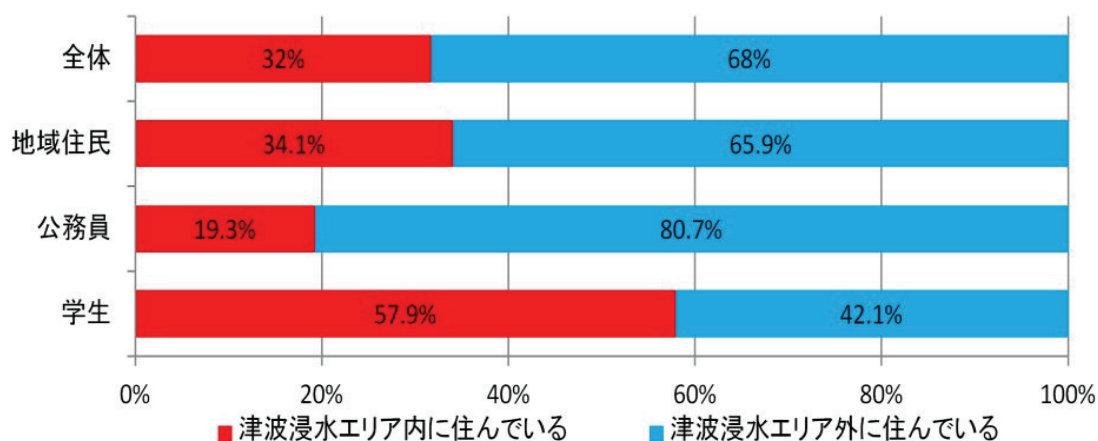


図-2.2 地域構成

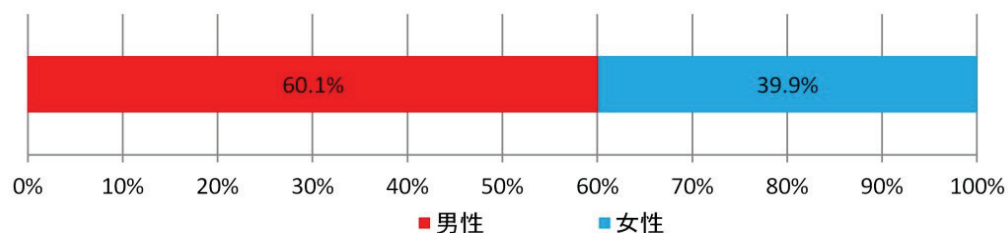


図-2.3 性別構成

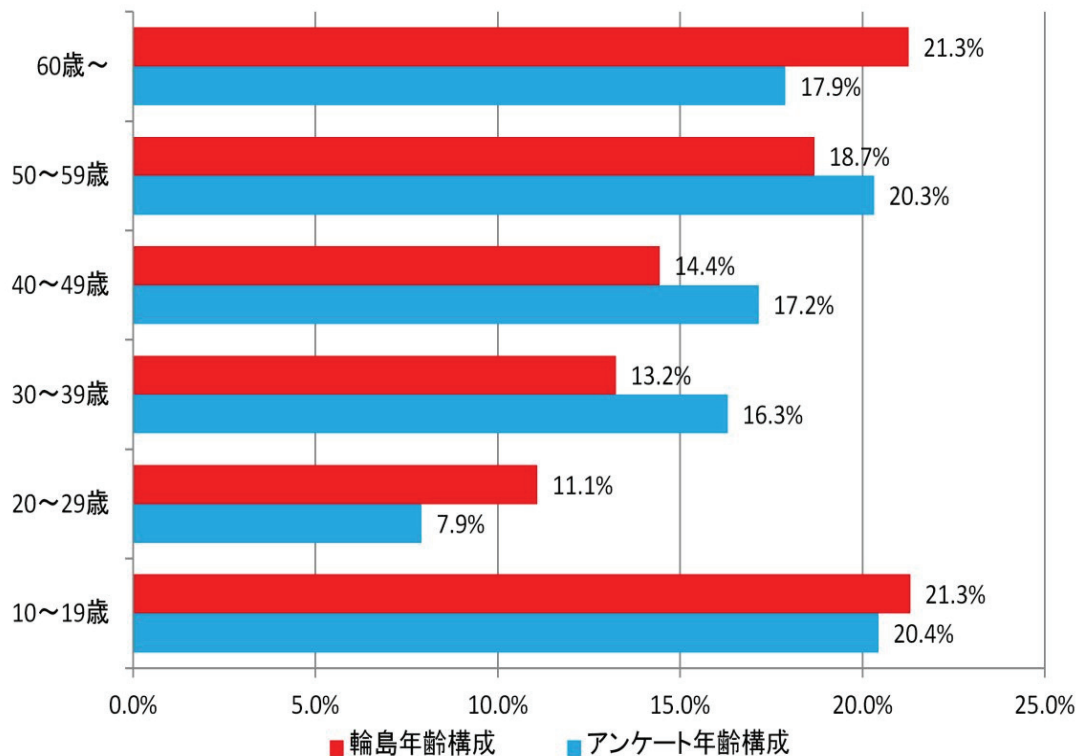


図-2.4 年齢構成

## (2) 防災に関する現状の認識

### a) 防災マニュアルの認識及び保有

2007年3月25日(日)午前9時41分に発生した能登半島地震を踏まえて、2008年3月に輪島市では輪島市防災マニュアル(以下、冊子)を作成した。この冊子は輪島市民が災害について関心を持ち、いざというときに落ち着いて行動できるように日頃から正しい防災知識を身につけておくことの大切さを輪島市民に広く普及することを目的に、各地区における災害時の避難場所や防災関係施設の位置及び注意すべき災害危険箇所などを取りまとめた冊子であり、輪島市全域の全戸に対して配布するとともに輪島市HPによる閲覧や各種説明会を通じて広く普及活動が行われている。輪島市民が気軽に防災に関する知識を習得する唯一の手段であることから、この冊子を一つの指標として取り扱うこととした。

図-2.5に示すように、地域住民の冊子認識率は39.8%、公務員69.3%、学生6.1%となり、全体の認識率は47.2%となった。また、図-2.6に示す冊子の保有率は、地域住民31.4%、公務員32.0%、学生4.9%となり、全体保有率は26.4%となった。地域住民や学生の落ち込みは2割程度に対し、公務員は6割程度の落ち込みとなった。公務員の内訳を精査した所、落ち込み



の原因は教員であった。アンケートに回答された教員の総数は 115 名で、その内訳を整理すると輪島市在住教員は 62.6%で輪島市非在住教員は 37.4%となり、平成 19 年の地震以降に輪島市に移り住まれた教員は 7.8%と少ないことが確認できた。認識率(45.2%)及び保有率(20.0%)の低さであった。学校における防災教育を担う教員の防災意識及び認識が他の公務員や地域住民と比べて低いことを把握することができ、今後の地域防災力向上を行う上で重要な課題を見つけることができた。輪島市では 2011 年 3 月 11 日の東日本大震災以降に、多くの住民の方々から防災に関する問い合わせが多数あり、冊子の再配布を全戸に対して行なっている。この再配布の 10 ヶ月後に今回のアンケート調査を実施した。また、アンケート調査実施後、輪島市総務課防災対策室に聞き取り調査を行った所、小学校、中学校、高校において輪島市が作成した冊子は、特に防災教育の資料として活用されていないことを確認することができた。よって、教員や学生における認識率及び保有率が低い結果となることはある意味必然であったと考えられる。

#### b) 避難所の認識

現在、輪島地区周辺には 15 の避難所(一時避難所を含む)が指定されており、図-2.7 によると認識率は全体平均で 54.6%であり、地域住民、公務員、学生の差はあまりない。青木らによる 2007 年能登半島地震発生時における地域住民の津波に関する意識と災害回避行動、2008<sup>1)</sup>では、避難所認識率は 49.0%となっており、今回の調査結果と概ね整合している。よって、2007 年の地震発生後から避難所認識率はあまり向上していないことが確認できた。また、“自宅から一番近くにある避難所はどこか？”という問いでは、“避難所を知っている”と答えた方々の 80%が具体的な避難場所を回答しているが、そのほとんどが一番近い避難所ではなく、遠くても一番安全と思われる高台にある避難所を一番近くにある避難所として回答している。このような回答の多くは海に接している図-2.1 に示した①輪島崎町エリアや③・④・⑥の河井町エリアに多く見られた。調査後に河井町の方々に聞き取り調査を行った所、近年行われている町会主催の避難訓練では、町会内にある避難所に指定されている河井小学校ではなく、高台にある一本松公園エリアを避難所として防災訓練しているとのことであった。これは地震津波の場合に安全だと思われない海に近い避難所は、住民の認識から排除され、地域住民主体で避難すべき場所を設定しているという現状を把握することができた。



## 第2章 地震津波災害に対する住民意識分析

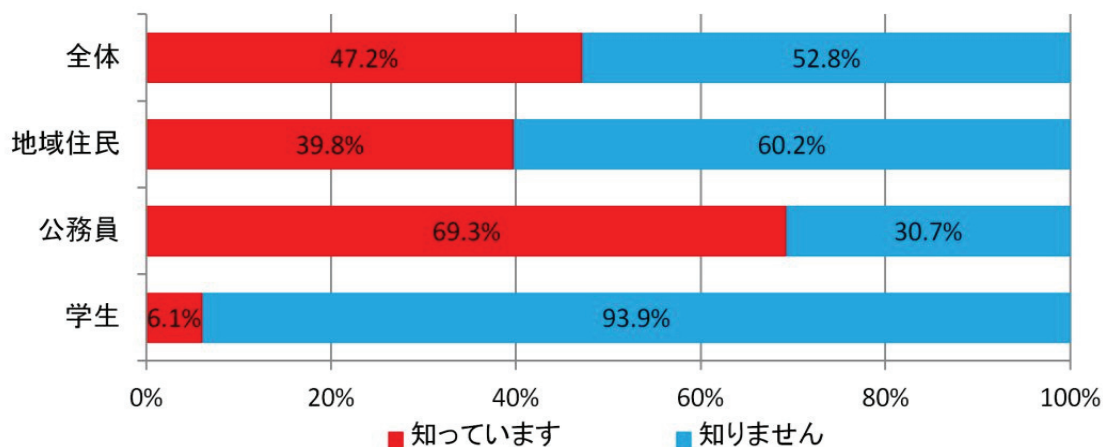


図-2.5 輪島市防災マニュアルの認識率

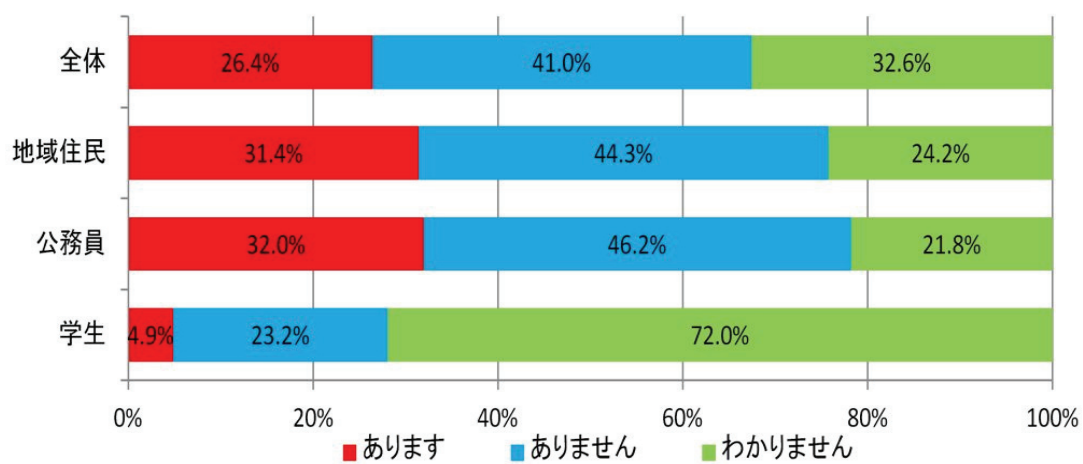


図-2.6 輪島市防災マニュアル保有率

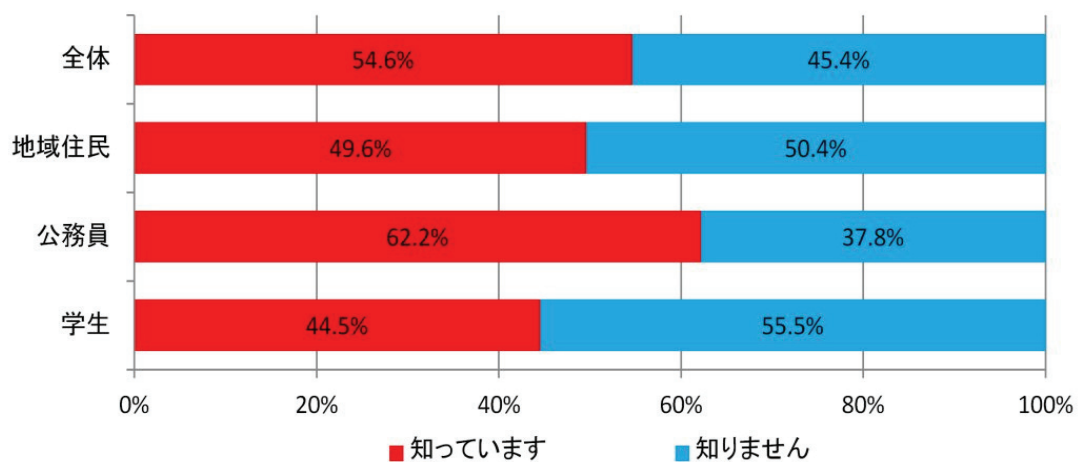


図-2.7 避難所の認識率

### c) 想定津波浸水エリアの認識

図-2.2 及び図-2.8 に示すように、想定津波浸水エリア内に住んでいる方は 32.0% 存在するが、認識されている方は 19.5% しかいなかった。この差分の 12.5% の方々は、想定津波浸水エリア内に住んでいるという認識がないことになる。自宅が想定津波浸水エリア内だと認識している方と実際にエリア内に住んでいる方の比率は、地域住民 25.4%/37.0%，公務員 17.5%/16.8%，学生 14.6%/57.9% となり、地域住民と学生はエリア認識にズレがあり、公務員は正しく認識していることが確認できた。しかし、全体の 55.2% の方が「わかりません」と回答していることから、半数以上の方が想定津波浸水エリアを正しく認識していないことが確認できた。認識が低い要因の一つに、想定津波エリアに関する情報は、冊子と輪島市 HP にしか記載されていないことが挙げられる。

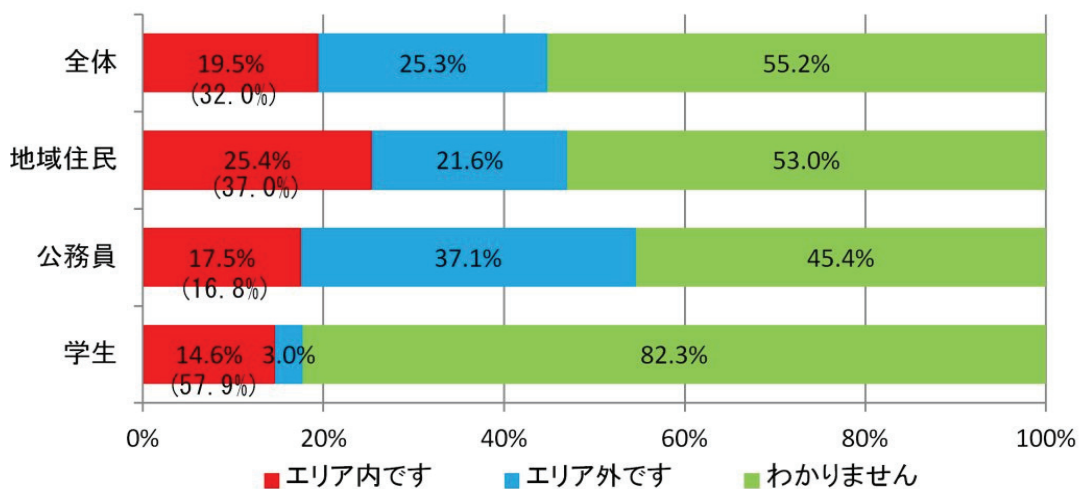


図-2.8 想定津波浸水エリアの認識

( ) は想定津波エリアに住んでいる人の割合を示す

### d) 考 察

輪島地区における冊子の保有率は 26.4% であり、教員や学生の保有率については 5～16% と更に低いという現状を把握することができた。今後は教員と学生の認識向上を基本としつつ、地域一体となった防災教育のあり方を検討することが必要だと考えられる。次に避難所の認識であるが、冊子以外でも標識や案内看板から情報を得る事ができることから、冊子の 2 倍程度の認識率となった。住民意識としては近くの避難所ではなく、安全及び安心できる避難所が優先され、幾つかの町会では、自分達で輪島市指定の避難所からではなく、町会で話し合っ

ができた。今後は、輪島地区の全町会の防災組織内容や活動内容に関する調査及び学校・地域・輪島市が一体となった防災活動の現状と今後の展望に関する調査を行うことで、基礎的研究からの更なる内容の充実化を図る必要がある。最後に、想定津波浸水エリアの認識であるが、冊子や輪島市 HP でしか情報を得る事ができないことから、冊子の認識率及び保有率と整合する形となり、多くの方が正しく認識していない現状も把握することができた。

以上より、輪島地区の防災に関する現状の認識を踏まえた上で、今後の課題を整理すると、第一に冊子保有率の向上が急務となる。具体的には、まず、教員と学生の保有率を上げた上で地域一体となった対策を講じることが得策と考える。第二に、安全な避難所や想定浸水エリアなどの防災情報の正しい認識の向上の二つが今回のアンケート調査で明確になった。しかし、冊子に頼らない町会独自の活動も行われている現状も確認できたことから、更なる調査の必要性も整理することができた。

### (3) 地震時の行動や地域の脆弱性に関する意識

2007 年 3 月 25 日に発生した能登半島地震時の避難に関する行動調査、今後の地震発生後の行動意識に関する調査及び地域における脆弱性に関する調査を行った。

#### a) 能登半島地震時の避難に関する行動調査結果

地震発生が日曜日の午前 9 時 41 分ということもあり、図-2.9 に示すとおり輪島市内で地震を経験した方は全体で 75.9%と多かった。しかし、公務員の市内地震経験率は 63.5%と地域住民や学生と比べて 20%程度低い値となった。東日本大震災では多くの公務員が被災し、限られた人員で対応しなければいけない状態が続いたことを考えると、防災訓練などは全員参加ではなく少ない人員で対応するなどの改善が必要と考える。図-2.10 によると、地震発生後に放送された防災行政無線の認識率は 29.5%と低く、聞こえなかった理由を尋ねたところ、「風向きが悪く音がこもっていた、ヘリコプター音、スピーカーの性能、家の窓を閉めていた」などを要因とする回答が多く挙げられた。青木らによる<sup>1)</sup>と、防災行政無線を聞いて避難した割合は 3%程度しかなく、ほとんどが自己判断によって避難したことが確認されている。今後は「確実に正しく伝える」という観点から、防災行政無線を含めた情報伝達方法のあり方について再構築する必要性を確認できた。また、少数意見ではあるが隣接している志賀町のように全戸に防災スピーカーを配置すべきではないかとの意見もあった。

## 第2章 地震津波災害に対する住民意識分析

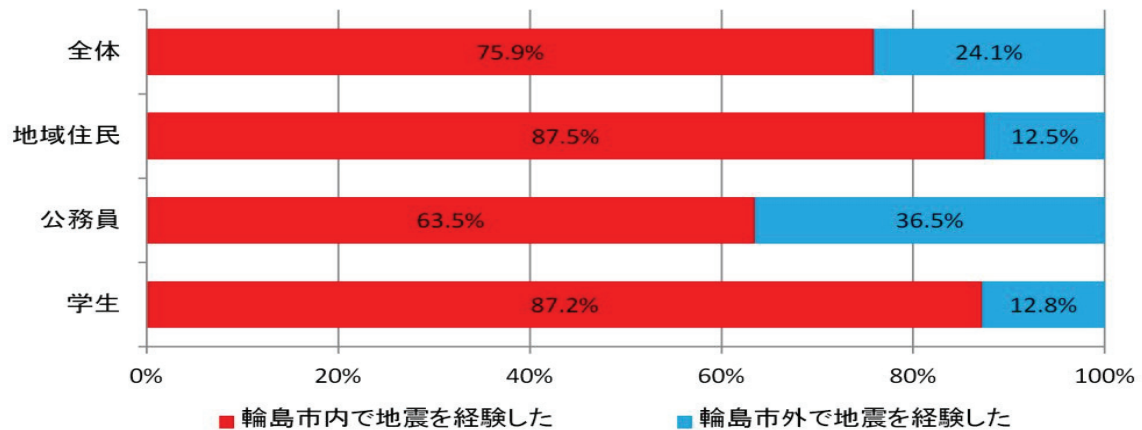


図-2.9 2009年、能登半島地震の経験有無

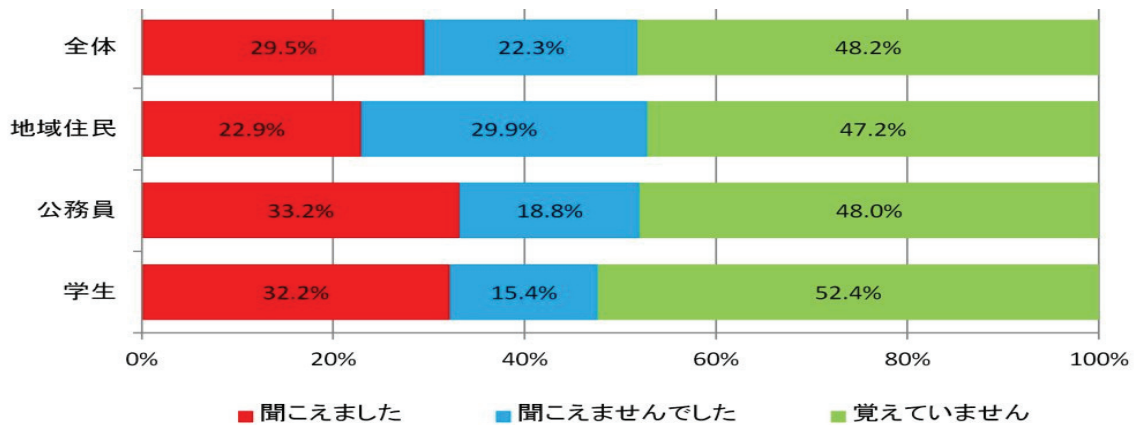


図-2.10 防災行政無線

輪島市内では震度6強の大きな揺れが観測されたが、図-2.11によると避難移動率は13.5%と低い結果となった。青木らによる<sup>1)</sup>と被害が甚大であった門前町を含めた輪島市避難移動率は20%程度であったことをからも、アンケート結果は妥当と判断できる。公務員の方々に移動しなかった理由を聞いたところ、大半の方々は「公務に就いた」と回答し、住民の大半は「津波が来ないから」もしくは「家が安全」という回答であった。当日は地震発生直後から1時間48分に渡り津波注意報が発令されていたことから、輪島地区の地域住民は津波の危険性に警戒する必要があった。事実、地震発生後1時間30分後に最大津波(22cm)が観測されていることから、海岸付近は危険な状態にあった。また、住民の多くは津波の危険性を正しく認識していなかったことや「津波注意報」が意味する危険性が十分に理解されていなかったことも要因の一つと考えられる<sup>1)</sup>。小数意見ではあるが「怖くて身動きが取れなかった」、「介護者が家に居るので移動することができなかった」と

いう記述も確認できた。輪島地区には要介護者(地区人口の約 10%)が存在する現状を踏まえた避難移動のあり方を検討する必要がある。

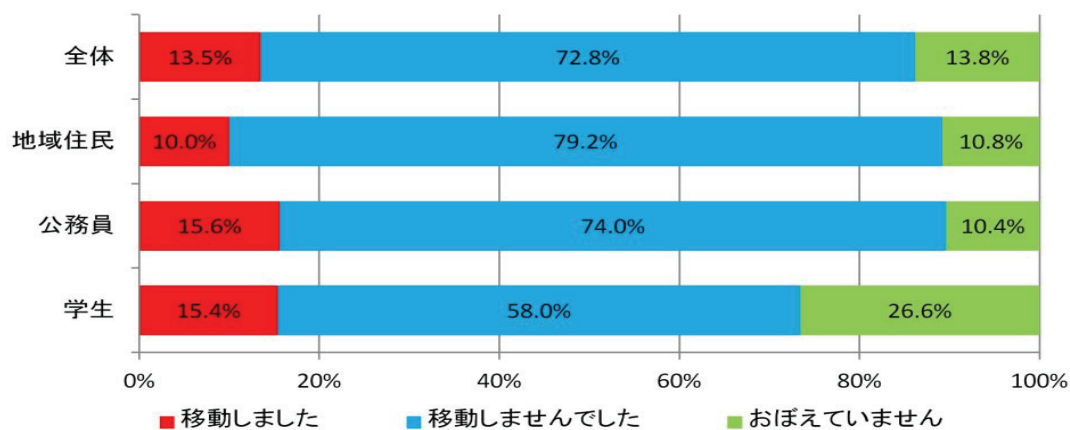


図-2.11 地震直後の避難移動

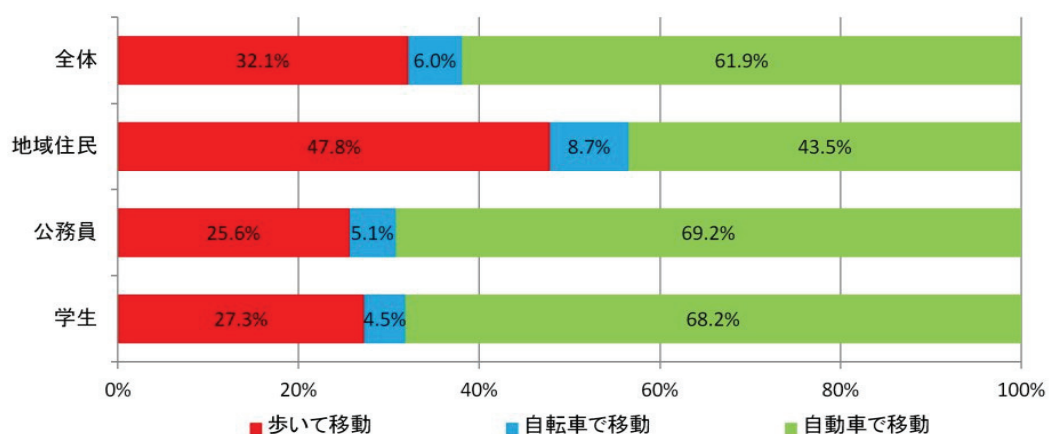


図-2.12 避難移動手段（サンプル数 n=111）

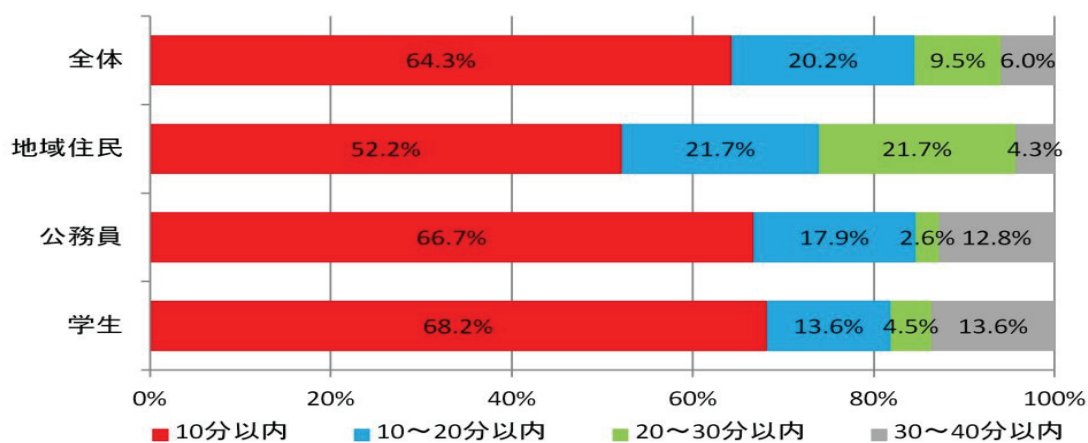


図-2.13 地震後の避難移動時間（サンプル数 n=111）

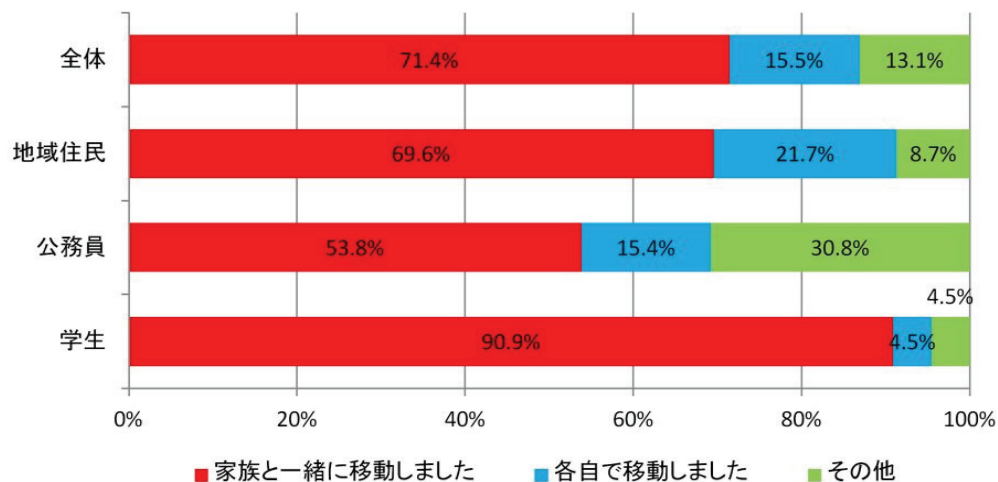


図-2.14 避難移動方法（サンプル数 n=111）

図-2.12 によると避難時移動手段は自動車は 61.9%、徒歩が 32.1%となった。この要因は「小さい子供と一緒に移動する為」や「介護が必要な人と一緒に移動する為」という回答が多く見受けられた。また、地方都市における車社会も要因の一つと考える。しかし、避難率 13.5%だった為、自動車移動による大きな混雑や混乱は無かったが輪島地区の港周辺の町会では違法駐車が多いため、車による避難のあり方は地域や町会単位で一定のルール作りが必要と考えられる。また、避難時移動の大半が自動車であるので図-2.13 に示す避難移動に要する時間は「10 分以内」が 64.3%という回答となることも必然であったと考えられる。地震時に避難した方に誰と一緒に避難しましたかという問いを聞いたところ、図-2.14 に示すとおり 71.4%の方が家族と一緒に避難したと回答している。これは地震発生が日曜日の 9 時 41 分であったことから比較的家族が揃っている時間帯であったことも影響していると思われる。

以上より、図-2.11 から図-2.14 までを総括すると、以下に示す 3 点が確認できた。

1 点目は輪島地区の住民は震度 6 強かつ津波注意報が発令されていたにもかかわらず避難率が 13.5%と低く、危機意識が低い状態であったことを確認することができた。2 点目は避難移動の多くは自動車により行われたことから、今後の地震に備えて車から徒歩へのシフトや車による避難移動のルール化などの必要性を確認することができた。3 点目は状況に応じた避難移動方法を確認することができた。

以上の 3 点を踏まえて今後の防災教育の在り方を検討することが急務であると考えられる。

### b) 今後の地震発生後の行動意識に関する調査結果

2011 年東日本大震災の地震発生後から最大津波到達までに要した時間は、気象庁の平成 23 年 3 月地震・火山月報（防災編）<sup>2)</sup>によると、宮古(38 分)、石巻市(38 分)となることから、今回のアンケート調査では東日本大震災の実績を参考に地震発生後の徒歩で移動できる距離の設定時間を 30 分とした。

図-2.15 及び図-2.16 に示すとおり、住民が考えている徒歩 30 分で避難移動できる距離は、日中で 2.2km、夜間で 1.7km となった。津波被災市街地復興手法検討調査、H24.4, 国土交通省<sup>3)</sup>によると、東日本大震災の避難に関する概要は地震後 10 分で避難を開始したのは全体の 50%であり 30 分で 80%であった。また、平均避難移動距離は 434m で所要時間は 9.8 分(平均速度は 0.74m/s)であった。このことから輪島地区の結果は東日本大震災の避難移動距離の 5 倍程度かけ離れている結果となった。

アンケート調査の自由意見では「怖くてほとんど避難できない、混乱してしまうように避難できない」、「避難訓練の実績から移動距離を想定した」という両極端な記述が多く見られた。前者は東日本大震災とリンクする記述であり、後者は避難訓練＝実際の避難という考えに基づく記述であると考えられる。このことから、今後は現実性の高い正しい情報に基づく地域防災のあり方を再検討する必要がある。また、夜間の避難移動に関する不安要素としては「夜は怖くて避難はできない」、「介護者がいるので夜の移動はできない」と云う記述が多く見受けられた。

震度 6 強の地震で津波警報が発令された能登半島地震では 13.5%しか避難移動しなかったが、東日本大震災を受けてなのか図-2.17 及び図-2.18 によると、同じ震度 6 強以下で 64.2%、津波警報以下で 59.1%の方々が避難移動を開始すると回答している。このことから約 5 倍の避難移動人数になっても避難できるような防災計画及び地域防災力を高める為の行動を地域が一体となって起こす必要がある。



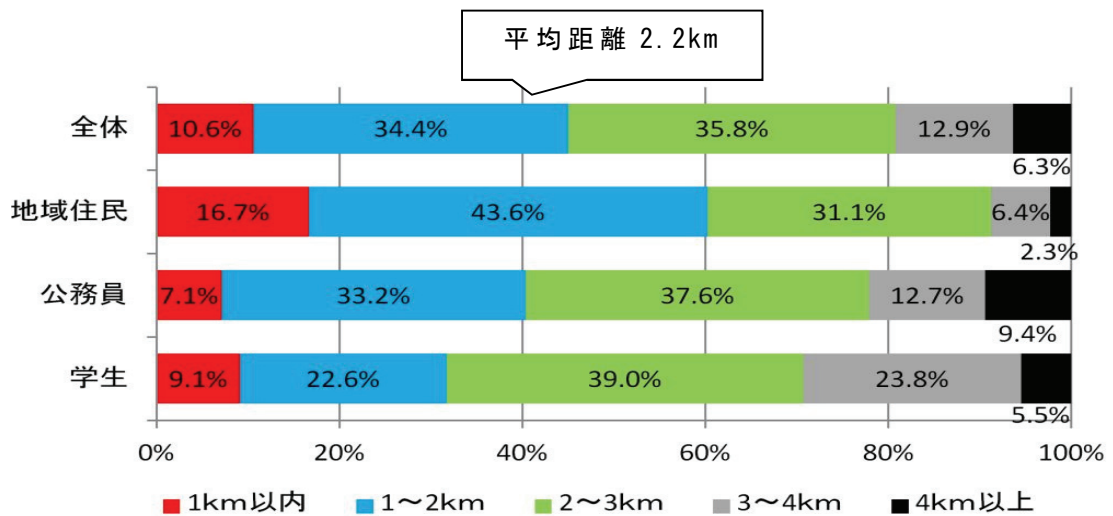


図-2.15 徒歩 30 分で移動できる距離（日中）

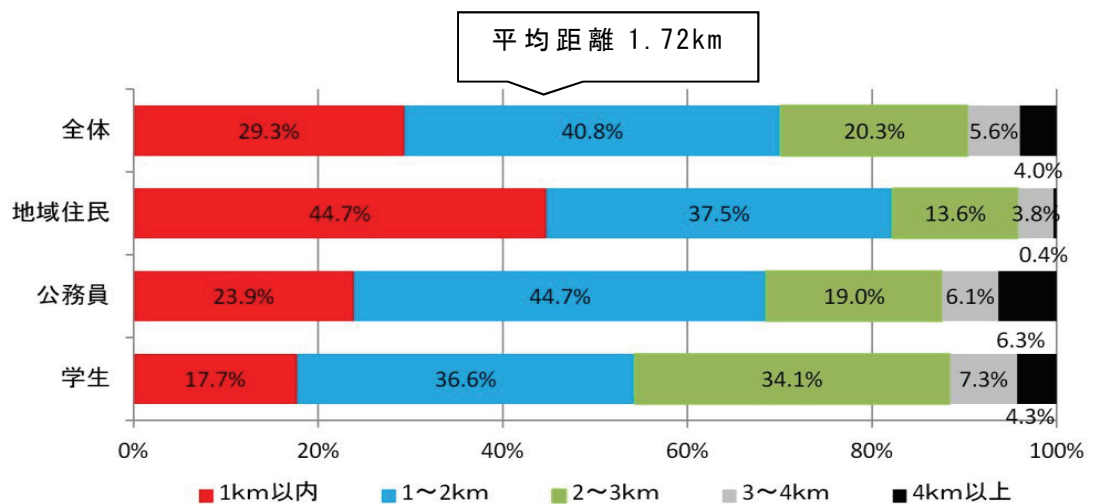


図-2.16 徒歩 30 分で移動できる距離（夜中）

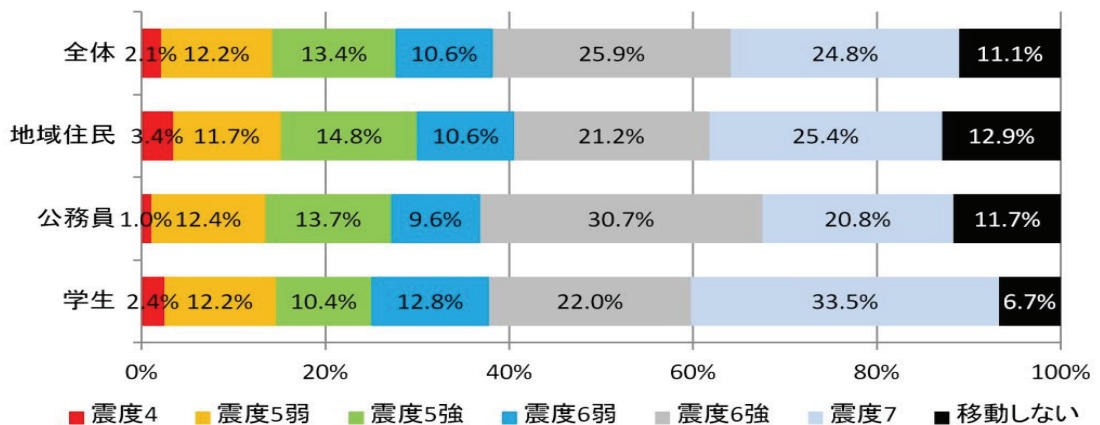


図-2.17 避難を開始する地震レベル



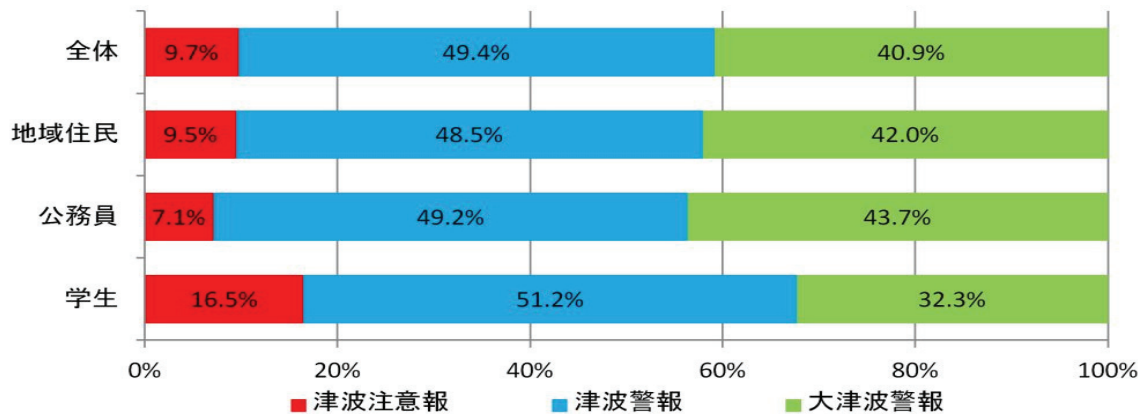


図-2.18 避難を開始する津波レベル

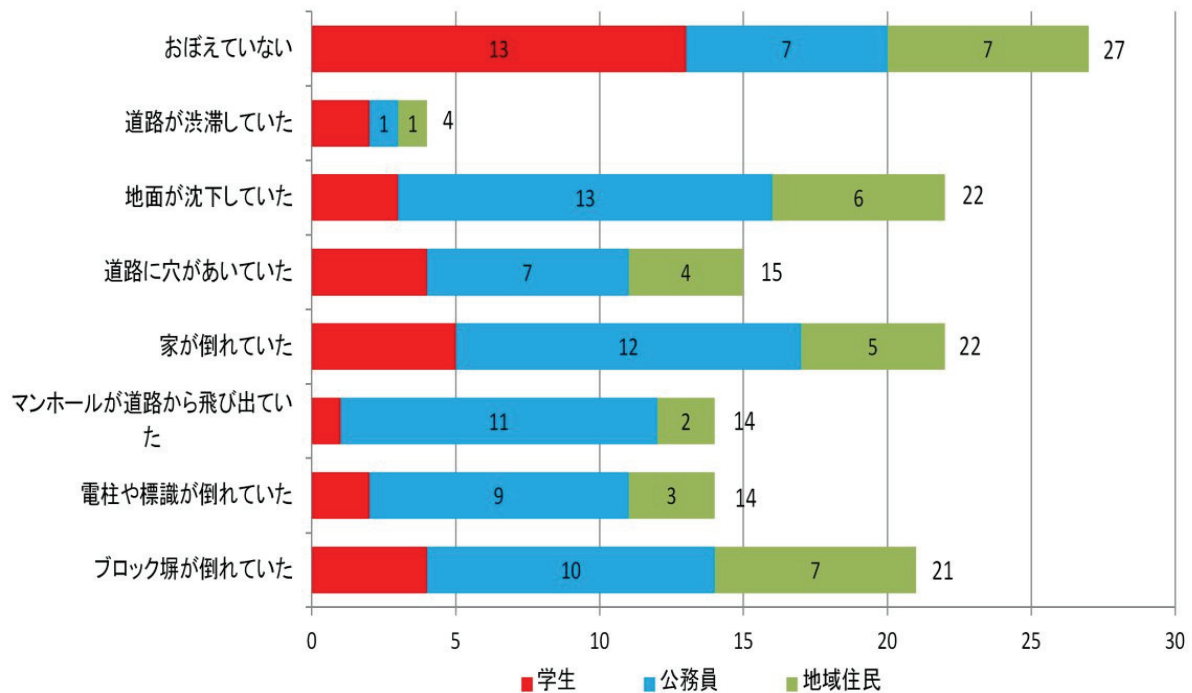


図-2.19 能登半島地震避難時に感じた危険要因（サンプル数 n=139）

### c) 地域の脆弱性に関する意識

2007 年能登半島地震の時に地域住民が感じた避難移動時の危険要因を図-2.19 に示す。また、地域住民が現在感じている避難移動時の危険要因を図-2.20 に示す。

2007 年の地震直後に感じた危険要因と現在感じている危険要因を比較すると、2007 年能登半島地震の時に住民が感じた危険要因は地盤が沈下していた、道路に穴が開いていた、家屋倒壊、マンホールが飛び出していた、電

柱や標識の倒壊、ブロック塀の倒壊の6つが確認できた。しかし、現在感じている危険要因は2007年には危険要因と認識していなかった「空き家」、「水路、川、海」という回答が40%程度を占め、新しく危険要因として認識された。その他の中には交通渋滞や路上駐車なども危険要因として挙げられていた。また、輪島地区は観光地という地域性を持っていることから、観光客に対する標識や案内等の未整備(日本語以外の標識や案内等も含む)も危険要因として挙げられていた。空き家は地方都市における過疎化が要因と考えられ、水路や川や海は東日本大震災を受けて、今まで地震≠津波であった住民の認識が地震≒津波という認識に変化した可能性が高いと判断される。

以上より、地域における脆弱性は地域住民が一番よく理解しており、この知識(情報)を基に公助・自助・共助のあり方について地域住民と一体となったワークショップを通じて、地域住民ひとりひとりが防災意識を高め継続できる防災協働社会の構築について整理する必要がある。

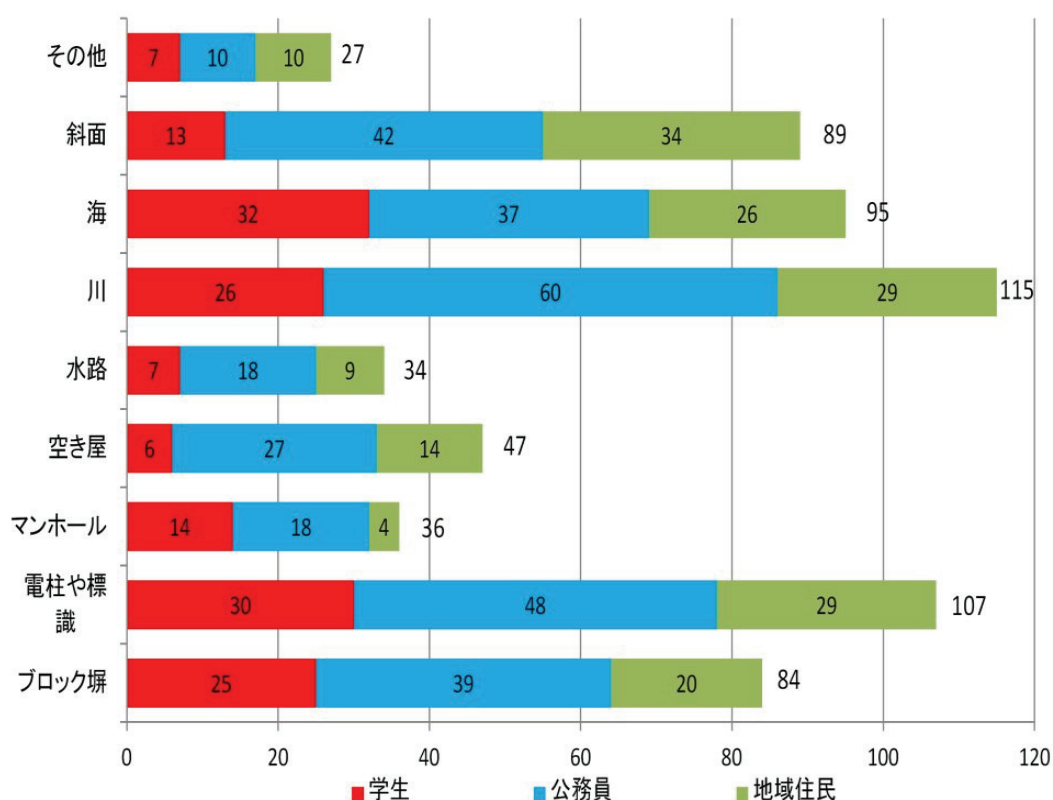


図-2.20 現在感じている地震避難時の危険要因 (サンプル数 n=634)

## 2.3 アンケート分析

### 2.3.1 クロス集計及びクラメール連関係数による意識分析

#### (1) 分析方法

アンケート調査の目的は、地域防災力を向上させるための意識分析を行うことである。軸となる目的変数の設定は地域住民のアンケート調査結果より可能性の高い3つを選出し、関連性が高いと想定される14項目の問いに対して各項目毎のクラメール連関係数を算出し、目的変数との相関強弱について評価を行う。また、アンケート調査において輪島市防災マニュアル(冊子)を指標として取り扱うことの妥当性についても確認する。

#### (2) 軸となる目的変数の設定

ケース1：Q4、あなたの職業は？

学生、地域住民、公務員に区分し、防災意識や行動などについて関連性を確認するために設定した。

ケース2：Q8、輪島市防災マニュアルを知っているか？

冊子の認知度と地域住民の防災意識や行動などについて、関連性を確認するために設定した。

ケース3：Q11、避難所を知っているか？

避難所の認知度と地域住民の防災意識や行動などについて、関連性を確認するために設定した。

今回のアンケート調査対象者は大きく分けて、学生、地域住民、公務員の3層に分かれており、この3層の対象者属性を用いて解析を行い、各説明変数に対する3層の反応特徴を把握するために、目的変数に「ケース1：職業別特性」を設定することとした。また、冊子の認知率や避難所の認知率という地域における基本項目を目的変数として設定し、各説明変数に対する反応特徴を把握する為にケース2及び3を設定した。

#### (3) クラメール連関係数の算出

特化係数は、2つの変数の条件が組み合わされたことによるセル固有の効果をセル単体でチェックするのに使えるが、それで2つの変数の関係の強弱を全体で評価することはできないことから、変数間の関連性を測る指標として連関係数がある。今回はクラメール連関係数を用いて変数の関係の相関について取りまとめる。以下にクラメール連関係数の算出式を示す。

この連関係数は、クロス集計表において実際に観測される観測度数と2つ

の変数が独立である場合に期待される期待度数との乖離を集計した $\chi^2$ （カイ 2 乗）値に基づき計算される。したがって、連関係数を求めるためには、独立を仮定した下での期待度数を先に計算する必要がある。また、図-2.21 に示す変数  $A \times$  変数  $B$  のクロス集計表では、変数  $A$  と変数  $B$  が独立である状態の第  $ij$  セルの期待度数  $e_{ij}$  は以下の式で計算される。

		j 項				行合計 ( $n_{i.}$ )
		$B1$	$B2$	$\dots$	$Bb$	
i 項	$A1$	$n_{11}$	$n_{12}$	$\dots$	$n_{1b}$	$n_{1.}$
	$A2$	$n_{21}$	$n_{22}$	$\dots$	$n_{2b}$	$n_{2.}$
	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
	$Aa$	$n_{a1}$	$n_{a2}$	$\dots$	$n_{ab}$	$n_{a.}$
列合計 ( $n_{.j}$ )		$n_{.1}$	$n_{.2}$	$\dots$	$n_{.b}$	$\sum n_{ij}$

図-2.21 質的変数 A と B のクロス集計表説明図

期待度数： $e_{ij} = n_{i.} \times n_{.j} / \sum n_{ij}$

実測度数： $n_{ij}$

ここで、期待度数とは、各行（または列）の合計度数を全体の行（または列）の構成比率に応じて各セルに配分した値を言う。実際に観測された実測度数と独立を仮定した場合の期待度数の差が大きいほど、2 つの変数  $A$  と  $B$  は関連が強い状態となります。以下にこの差を評価する指標としての計算式を示す。

$$\chi^2 = (\text{実測度数} - \text{期待度数})^2 / \text{期待度数}$$

この $\chi^2$ 値を基にクラメール連関係数を算出する

$$\text{クラメール連関係数} : rc = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \times (k-1)}}$$

但し、 $k$  は変数  $A$  と  $B$  の項目数の小さい方の値とする。

表-2.3 各アイテムのクラメール連関係数

	ケース 1 Q4 職業別 特性	ケース 2 Q8 マニュアル 認知率	ケース 3 Q11 避難所 認知率
Q1:住 居	0.190	0.145	0.126
Q2:性 別	0.133	0.178	0.126
Q3:年 齢	<u>0.814</u>	<u>0.422</u>	0.168
Q4:職業別特性	<u>1.000</u>	<u>0.487</u>	<u>0.290</u>
Q7:家族人数	<u>0.252</u>	0.150	0.154
Q8:マニュアル認知率	<u>0.485</u>	<u>1.000</u>	<u>0.367</u>
Q9:マニュアル縦覧率	<u>0.418</u>	<u>0.815</u>	<u>0.368</u>
Q11:避難所認知率	0.137	<u>0.367</u>	1.000
Q14:避難所案内看板認知率	<u>0.258</u>	<u>0.301</u>	<u>0.309</u>
Q15:住居が津波浸水エリア内外	0.238	<u>0.416</u>	<u>0.400</u>
Q25:日中徒歩避難移動距離	0.202	0.130	0.118
Q26:夜間徒歩避難移動距離	0.218	0.066	0.128
Q27:避難開始地震レベル	0.136	0.119	0.123
Q28:避難開始津波レベル	0.093	0.039	0.063
Q29:危険要因認識率	0.083	0.045	0.228
合 計	4.657	4.680	3.968

ここに、関連が高いと想定される質問内容を下記に示す。

Q1：あなたの自宅エリアを番号で教えてください。

図-2.1 に記す 17 のエリアから選択する。

Q2：あなたの性別を教えてください。

Q3：あなたの年齢を教えてください。

Q4：あなたの職業を教えてください。

アンケート調査では、学生（小学生，中学生，高校生），その他学生，会社員，専業主婦，自営業，旅館業，漁業関係，その他の 11 項目に区分したが，分析では地域住民，公務員，学生に区分した。

Q7：あなたが同居している家族人数を教えてください。

Q8：あなたは輪島市防災マニュアルの存在を知っていますか。

輪島市が全世帯に配布している防災マニュアルであり，東北地方太平洋沖地震後に再配布している。

Q9：あなたは輪島市防災マニュアルを一読されたことがありますか。

Q11：輪島市が指定している避難場所を知っていますか。

Q14：避難場所の案内看板を知っていますか。

Q15：あなたの自宅は想定津波浸水エリア内ですか。

輪島市が全世帯に配布している防災マニュアルに想定津波浸水エリアが記載してある。また，輪島市 HP でも閲覧可能。

Q25：地震発生後，日中に徒歩 30 分で避難移動できると思う距離を教えてください。

Q26：地震発生後，夜間に徒歩 30 分で避難移動できると思う距離を教えてください。

Q27：あなたはどの地震レベルで避難しますか。

震度 3 から震度 7 までを対象とした。

Q28：あなたはどの津波警報レベルで避難しますか。

津波注意報，津波警報，大津波警報を対象とした。

Q29：あなたは地震発生後の避難移動時に危険要因になると感じるものはありますか。

### 2.3.2 分析結果

今回は目的変数として，ケース 1(職業別特性)，ケース 2(マニュアル認知)，ケース 3(避難所認知)という 3 つを選出し，クラメール連関係数は 0.25 を超えると相関が高いと判定されることから，この数値を基に輪島地区における地域防災力向上を行う為の重要なキーワードを抽出する。以下に各ケースの

分析結果を示す.

### (1) ケース 1 の分析結果

ケース 1 の目的変数は職業別特性(学生,地域住民,公務員に区分)であり, **0.25** を超える項目が **5** 項目確認され, 最も強い相関を示した項目は年齢 (**0.814**) であった. また, 相関が強い項目はマニュアル認知と縦覧であり, 相関がある項目は避難所案内看板であった.

### (2) ケース 2 の分析結果

ケース 2 の目的変数はマニュアル認知であり, **0.25** を超えるが **6** 項目確認され, 最も強い相関を示した項目はマニュアル縦覧 (**0.815**) であった. また, 相関が強い項目は年齢, 職業別特性, エリア内外であり, 相関がある項目は避難所認知であった.

### (3) ケース 3 の分析結果

ケース 3 の目的変数は避難所認知であり, **0.25** を超える項目が **5** 項目確認され, 最も強い相関を示した項目はエリア内外 (**0.400**) であった. また, 相関が強い項目はマニュアル認知と縦覧及び避難所案内看板であり, 相関がある項目は職業別特性であった.

### (4) 考 察

ケース 2 (マニュアル認知) の分析結果に示す通り, 避難所認識, 避難所案内看板, 想定津波浸水エリア内外という防災情報とマニュアル認知に強い相関が確認されたことから, 防災意識や地域防災力向上の一つの指標としてマニュアル(冊子)を用いることの妥当性を確認することができた.

ケース 1 及び 2 では, クラメール連関係数が最大値 **0.8** 以上に対してケース 3 では最大値は **0.4** 程度となったことから, ケース 1 とケース 2 が高い相関を持つ項目が多く, かつ, 数値が高い結果となったことから, ケース 3 はケース 1 及び 2 を補完するケースであることが確認できた. ケース 1 及び 2 の目的変数で, 相関が高いと判定される **0.25** を超えた項目は **5** 項目(年齢, 職業別特性, マニュアル認知, 縦覧, 避難所案内看板)存在し, 平均で **0.25** を超えた項目(避難所認知, エリア内外)は **2** つあった. 平均でクラメール連関係数が **0.25** を超える **7** 項目について輪島地区における地域防災力向上を行う為の重要なキーワードとしての適用性を整理する.

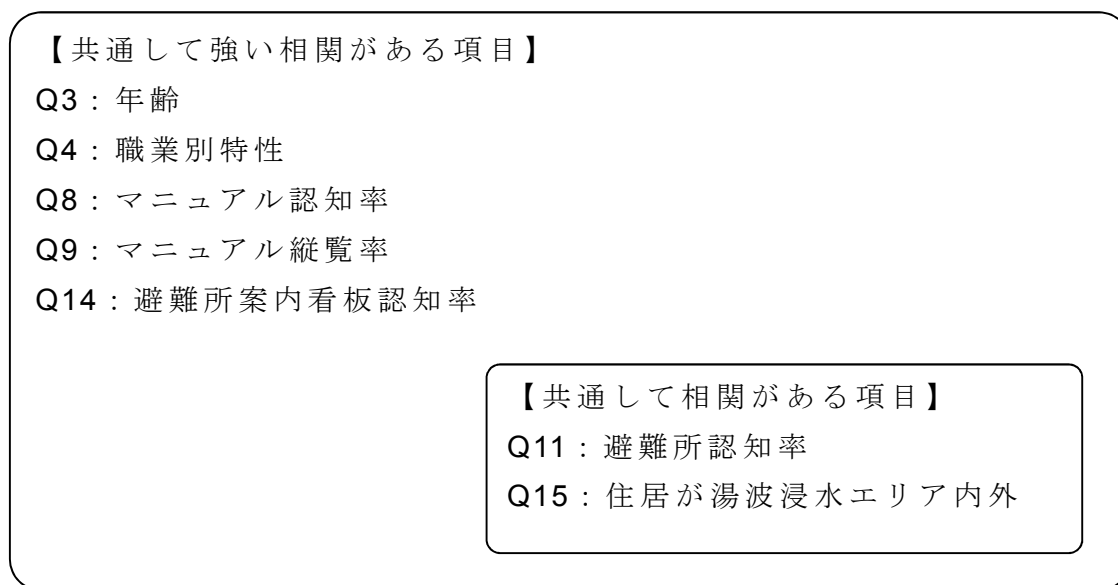


図-2.22 相関図

地域防災力を示す指標となり得る項目(マニュアル認知、避難所認知、避難所案内看板、津波浸水エリア内外)に対して、強い相関を持つ年齢、職業別特性は、地域防災力向上の大きな要因となる得ることが今回の分析で明確になった。また、一般的には、年齢が高くなるにつれて防災意識が高くなり、学生や地域住民より公務員の防災意識が高いという結果を予測していたが、公務員の中でも教員は特異な結果となり、防災意識が低い結果であることが確認できた。避難所認知や津波想定浸水エリア内外は、職業よりマニュアル認知の方が強い相関があることを確認でき、マニュアル認知は年齢や職業別特性と強い相関が確認できていることから、これらの項目はお互いが強い相関関係にあり、何か1つの項目に対して対策を講じるよりも、幾つかの項目に対して同時に対策を講じる方でより効果が高くなると考える。

以上より7項目をキーワードとして対策を検討することが必要と考える。対策としては、防災意識の低い現状を勘案すると、緊急対策と中長期対策に区分することが有効な手段と考える。具体的には緊急対策としては、津波想定浸水エリア内に住む学生や地域住民及び教員に特化した対策を行うことが地域防災力を底上げする大きな要因と考える。その上で中長期的な対策として、地域と学校及び輪島市が一体となった地域防災力向上させる行動へ移行することが望まれる。その対策手法に関しては、今回の基礎的資料を踏まえた上で、今後の研究を進める必要がある。



## 2.4 まとめ

本章では、能登半島地震を経験し東日本大震災の大惨事を踏まえた上で、地震による津波に着目したアンケート調査を輪島市臨港地域周辺で行ったことにより、以下に示す3点の新しい点を明らかにすることができた。

1点目は、学生の冊子認識率が地域住民と比べて1/6以下と非常に低いことや、避難所の認識、想定津波浸水エリアの認識などが、地域住民や公務員と比べて低いことが把握できた。これは、今後の地域防災を担う若い世代の地域防災力向上を研究する上でも重要な項目である。

2点目は、地域防災教育を担う教員の冊子保有率が、地域住民の1/2程度という現状を新たに把握することができた。今まで一般的には、防災教育を担っている教員の防災意識は高いと思われていたが、教員は教育の専門家であり防災の専門家ではないことから、教える側の防災意識改革が必要であることを明らかにすることができ、今後の防災教育を考える上で重要な項目を把握することができた。

3点目は、海に接する町会の避難所に関する認識であるが、冊子を認識した上で町会独自の防災活動を行っている町会の存在を把握することができた。このことから、今後は町会単位の防災意識に関する追加調査の必要性を把握することができた。

また、本調査で得られたアンケート結果は一つの方方向性を示したものであり、今後はワークショップ等を通じて防災意識を向上させる防災教育の具体的かつ効果的な手法について研究を進めていく必要がある。

## 第2章の参考文献

- 1) 青木賢人,林紀代美：2007年能登半島地震住民アンケート調査報告書，金沢大学能登半島地震学術調査部防災班，2008.
- 2) 平成23年3月地震・火山月報（防災編），気象庁,pp.66-68,2011.
- 3) 津波被災市街地復興手法検討調査(とりまとめ)，国土交省都市局，2012.

## 第 3 章

# ワークショップ手法を用いた防災 リスクコミュニケーション分析

## 第3章 ワークショップ手法を用いた

### リスクコミュニケーション分析

#### 3.1 はじめに

第2章では、2007年能登半島地震を経験した輪島市臨港地域周辺（以下、輪島地区）の住民を対象とした防災に関するアンケート調査について分析を行ったが、地域における防災リテラシーの現状は非常に脆弱であることが確認された。このアンケート調査分析結果を踏まえた上で、津波想定浸水エリア内もしくは近接している町会に在住している地域住民を対象としたワークショップを実施し、防災意識や認識の違い及び防災意識の変化について、防災リスクコミュニケーション分析を行うことを目的とする。

今回のワークショップの主な目的を以下に示す。

- ・ T-DIG(Town-Disaster Imagination Game)<sup>2)</sup>による地域のリスク抽出とフィールド調査によるリスク認知
- ・ リスクコミュニケーションによる自助・共助・公助のあり方

#### 3.2 リスクコミュニケーション概要

##### 3.2.1 リスクコミュニケーションの区分

###### (1) 防災からみた2つのリスク

###### a) リスク(risk)と危険(danger)の違い

矢守ら<sup>1)</sup>によると、リスクと危険の違いは危険に対する態度が能動的か受動的かにある。能動的とは自分から他へ働きかけるさまであり、受動的とは自分の意志からではなく他に動かされてするさまであると定義されている。要するに、何がリスク(risk)で何が危険(danger)かは、対象となる事象に備わっている特性ではなく、それと対峙する当業者(人間や社会等のステイクホルダー)側にかかっている特性ということである。

ここで、輪島地区の防災という視点で考えた時、地域における危険要因や脆弱性に対して住民が能動的なアクション(防災に興味を持ち街を

知り、自主防災活動に携わる等）をとる時にはリスク（**risk**）になるが、そうではなく、防災は役所が考えるとか、誰かが考えてくれるものと言うような受動的なアクションをとると危険（**danger**）になってしまう。

#### b) 2つのリスク

矢守ら<sup>1)</sup>によると、リスクにはアクティブなリスクとニュートラルなリスクに区分することができ、アクティブなリスクとは、当事者側の判断・意思決定・行為に対して成立するリスクを言い、ニュートラルなリスクとは当事者とは別に独立して存在するハザードそのものを言うと言われている。ここで、輪島地区の防災という視点で考えると、ニュートラルなリスクとは、輪島市防災マニュアルやHPを通じての防災に関する情報公開が挙げられる。また、アクティブなリスクとは、自主防災活動や学校における防災教育が挙げられる。この2つは単独では無く連動し、ニュートラルなリスクの分析や公開が進むと、リスクのアクティブ化が進み、リスクのアクティブ化が進むと、人々はより詳細かつ正確なニュートラルなリスク情報を求めるようになる。

#### 3.2.2 リスクコミュニケーションの必要性

近年、我が国では多くの地震が発生し、防災意識の高まりとして国や地方自治体によって各種のハザード情報や防災マニュアルなどが公開されリアルタイムで確認することが可能になった。また、地域住民を主役とした防災ワークショップや防災訓練が展開され、リスクのアクティブ化に関する取り組みも盛んになってきた。しかし、リスクのアクティブ化は地域住民だけでは自ずと限界があり、行政や研究者などの専門家が双方向的な関与を行うことで、更にリスクのアクティブ化は高まる。これは、今後の防災を進める上で必要不可欠な要素であると考えられる。また、その一方で専門家はニュートラルなリスク情報提供に終始してしまうと、本当の意味でのリスクのアクティブ化にはならないと矢守ら<sup>6)</sup>も提唱している。例えば、専門家から詳しい防災計画を説明されても、素人である地域住民は理解する事が困難であり、事実上それを受け入れるしかないという状態になってしまふことである。よって、専門家はニュートラルなリスクを一方向的に伝えるのではなく、ニュートラルなリスクとアクティブなリスクの2つの間を往復しながら、地域住民とアクティブなリスクを分かち合うというリスクコミュニケーションが重要となる。また、住民側も漠然と受容するのではなく、自分自身に対するリスクとして認識し、主体的に関与するリスクコミュニケーションが必要となる。

### 3.3 ワークショップ概要

#### 3.3.1 計画概要

##### (1) 計画概要

輪島地区において、2012年7月16日から3週（開催時間は9～12時）に渡り輪島市役所会議室をお借りして、地域住民の方々と地震津波に関するワークショップを3回開催した。参加者は輪島地区在住の地域住民とし町会単位で参加を募集し、参加条件は継続的に全てのワークショップに参加できることとした。参加者内訳は図-3.1及び図-3.2に示すとおり男女比は2.5：1で年代構成は10代～70代の36名が参加した。家族参加や夫婦参加も確認できた。ワークショップの内容は、事前に行ったアンケート調査結果を基に図-3.4に示すエリアを対象として実施した。なお、今回のワークショップでは、瀧本らが提唱している街づくりを意識した災害図上訓練（T-DIG）と言う手法を用いる<sup>2)</sup>。

DIGとは、

Disaster＝災害を、

Imagination＝想像する、

Game＝ゲーム

の各単語の頭文字をとってDIG（ディグ）と言い、このDIGに将来の街づくり（Town）という観点を追加し、TownのTを付け加えてT-DIGと言う。このT-DIGは、地域住民の防災意識や行動の変化を見ながら、DIGの工程をゆっくり時間をかけて住民主体でステップアップさせていく手法であり、地域防災力の基本的能力を向上させるツールとして用いた。次項の図-3.3にワークショップフローを示す。

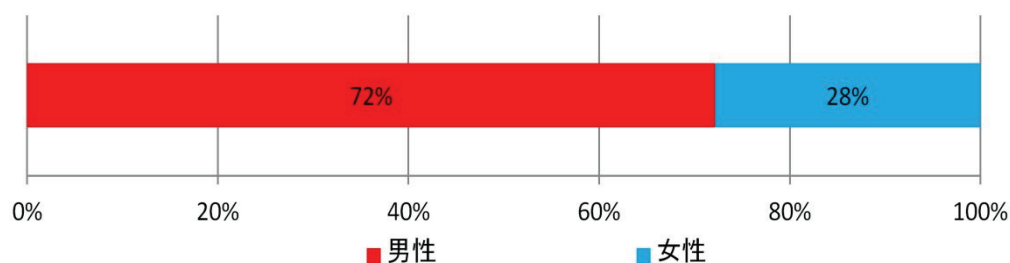


図-3.1 ワークショップ参加者の男女比率

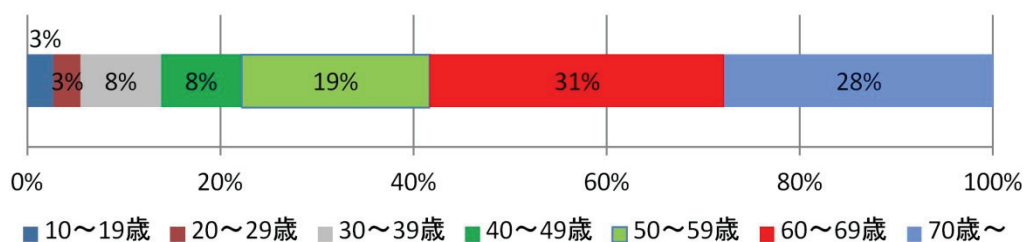


図-3.2 ワークショップ参加者の年代構成

#### 第1回 ワークショップ

- STEP1 : 各班で T-DIG を用いて地域の脆弱性を整理する
- STEP2 : 各班で T-DIG の結果を発表する
- STEP3 : 防災アンケート調査を実施する  
※防災に関する自由意見を記述して頂いた



#### 第2回 ワークショップ

- STEP1 : 各班で作成した T-DIG に記載された地域の脆弱性を  
2 班に分かれてフィールド調査にて確認する
- STEP2 : フィールド調査結果を踏まえて、各班で T-DIG を  
再検討し発表する
- STEP3 : 各班の再検討結果を参加者全員で評価する
- STEP4 : 防災アンケート調査を実施する  
※地域防災力を向上するための方策について  
自由意見を記述して頂いた  
防災意識の変化を把握する



#### 第3回 ワークショップ

- STEP1 : 第2回ワークショップにて各班の再検討結果を  
説明し、情報の共有化を行う
- STEP2 : 自助・共助・公助の役割に関する説明を行い、  
各班で討議する
- STEP3 : 討議結果を各班で発表する
- STEP4 : 各班の提言に対して参加者全員にアンケート調査を  
実施する  
※防災意識の変化を把握する

図-3.3 ワークショップフロー

## (2) 班編成

ワークショップ参加者は**36名**で**3回**全てにおいて同じ参加者とした（第2回ワークショップは所用にて**1名**欠席）。図-3.4に示す輪島地区の中から，津波想定浸水エリア内もしくは近隣の町会かつ，町会に自主防災組織が設立されていない，もしくは設立されているが活動が停滞している町会を中心に選定した．各班の内訳を表-3.1に示す．

表-3.1 ワークショップ参加者概要

班 番号	エリア 番号	性別構成 (人)		年代構成 (人)						
		男	女	10 代	20 代	30 代	40 代	50 代	60 代	70 代
第 1 班	①・②	6	1	1	—	—	1	2	2	1
第 2 班	②・⑮	6	1	—	—	—	1	2	1	3
第 3 班	③・④	2	3	—	—	—	1	1	3	—
第 4 班	⑥・⑩	4	2	—	—	2	—	1	2	1
第 5 班	⑤・⑨	4	1	—	—	—	—	1	2	2
第 6 班	③・⑥	4	2	—	1	1	—	—	1	3
計		26	10	1	1	3	3	7	11	10

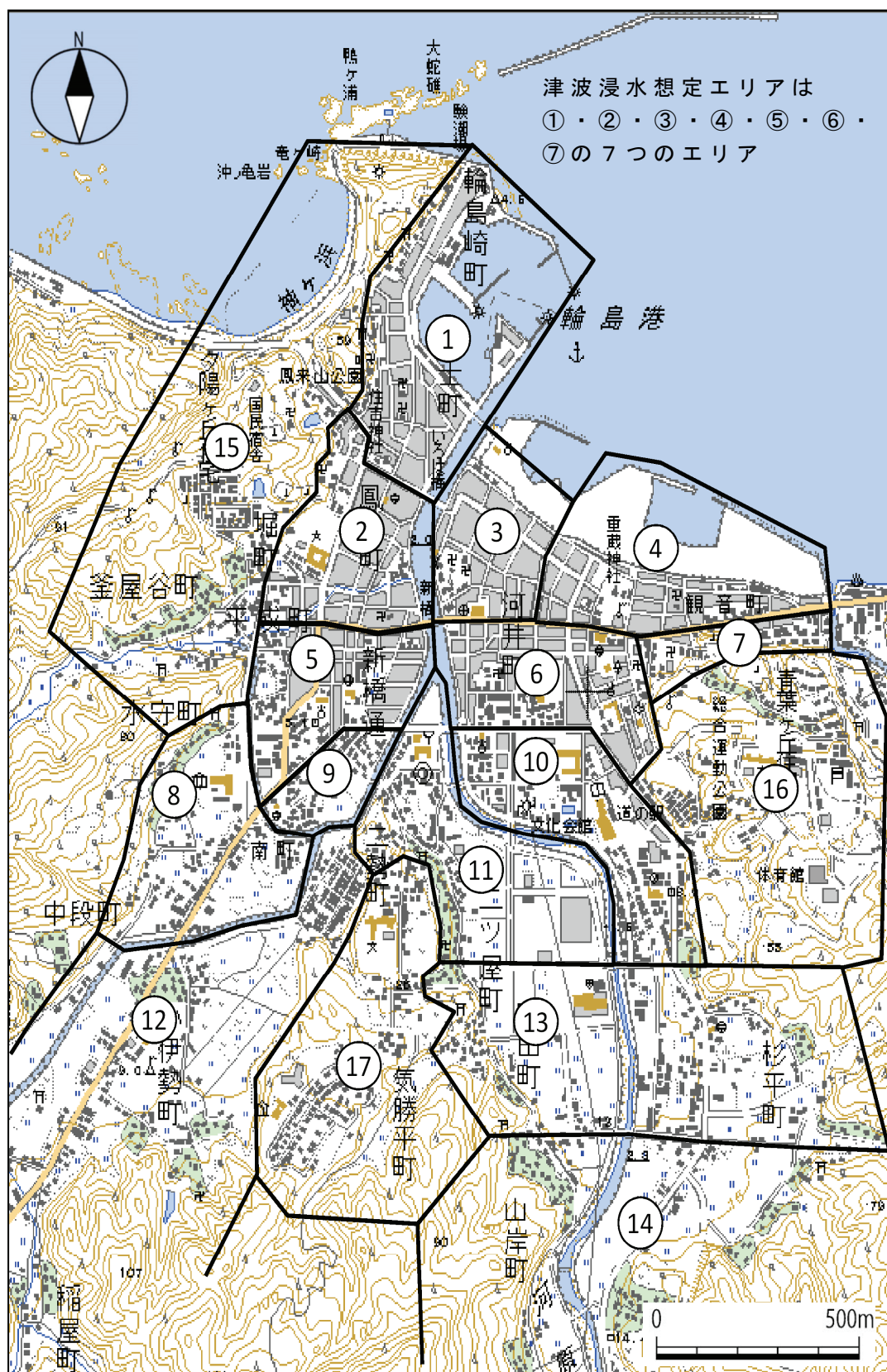


図-3.4 班編成図



### 3.3.2 第1回ワークショップ

#### (1) 第1回ワークショップ概要

- ・実施日時：2012年7月16日，9：00～12：00
- ・参加者：輪島地区住民36人

ワークショップは瀧本らが提唱している街づくりを意識した災害図上訓練（T-DIG）<sup>1)</sup>の手法を基本とし，新たな取組として T-DIG の前に事前情報を与えないで輪島地区の 8 地点からの避難経路及び避難場所を各班で設定し，T-DIG 後に避難路及び避難場所の再評価を行うことで現状認識との差を把握した．また，ワークショップの最後に防災に関するアンケート調査にて現段階における防災意識の確認を行い，ワークショップを通じて地域住民の防災意識の変化を確認する基礎的資料とする．以下に概要を示す．

- ①参加者をエリア単位の 6 班に振り分ける．
  - ②T-DIG の前に，事前情報を与えないで輪島地区の 8 地点からの避難経路及び避難場所を各班で話し合った上で設定する．
  - ③地域情報（道路，細街路，川，海，避難所，オープンスペース）を地図に書き込む．
  - ④地区内の危険要因（リスク抽出）を地図に書き込む（過去の災害，避難時の危険要因等）．
  - ⑤輪島市が指定している避難所シートの配布
  - ⑥討議：各班設定の避難所と輪島市指定の避難所との違いを確認する．②で設定した避難経路や避難所の再評価を行う．地区内の危険要因の整理と地区の強みと弱みを整理する．
  - ⑦各班の発表：マップの説明（⑥の討議結果の説明）を行う．
  - ⑧ワークショップに関するアンケート調査
- アンケート調査では防災に関する自由意見を記述して頂くことで現時点における防災意識を把握した．

#### (2) ワークショップ状況写真

各班で地域情報を地図に書き込んでいる様子を写真-3.1に示す．複数の方がペンを持ち，地図に様々な情報を書き込んでいる．最初は見ているだけの人も次第に意見を述べ，そして書き込みを始めた．災害図上訓練と言うと地域住民の方々は「難しそう」という感じがあり融け込みにくい，「面白い」や「楽しい」そして「街の新しい発見」というワクワク感や他の班より良いもの作りたいという競争心などのキーワードが

### 第3章 ワークショップ手法を用いたリスクコミュニケーション分析

入ると融け込みやすくなることが確認できた。



写真-3.1 T-DIG風景

最初は遠慮してなかなか地図に書き込むことに躊躇していたが、1時間もすると地図上に付箋や書き込みが増えていった。中には地図が小さすぎて情報を書き込みにくいという意見もあった。T-DIGを用いてワークショップで作成したマップを写真-3.2に示す。



写真-3.2 T-DIGにて作成した防災マップ

### 3.3.3 第2回ワークショップ

#### (1) 第2回ワークショップ概要

- ・実施日時：2012年7月22日，9：00～12：00
- ・参加者：輪島地区住民35人（1名は仕事の為，欠席）

フィールド調査は海沿いの町会エリア①・②，温泉街エリア④・⑦の2班に区分して地域の危険要因を確認した．また，調査は第1回ワークショップにて各班が設定した避難路を中心に行った．新たな取組としてフィールド調査後に東日本大震災の津波や避難動画を観賞し，津波地震の現状を把握した上でT-DIGや避難路の再検証を行い，その成果を参加者全員で評価することで情報の共有化を行った．ワークショップの最後に細街路の幅員，川沿い避難，避難所の認識，地域防災力向上策などに関する防災意識アンケート調査を行い，防災意識の変化を確認した．以下に概要を示す．

- ①2班に区分して地域の危険要因を確認する（海沿いの町会エリアと海沿いの温泉街エリアに区分）．フィールド調査で撮影した写真を見ながら情報を共有化し，東日本大震災の津波動画から地震津波の現状を把握する．
- ②第1回ワークショップで作成したT-DIGをフィールド調査結果を基に再検討する（リスク認知）
- ③各班の発表：T-DIGを再評価して何がどのように変わったかを各班で発表し，その後に再評価した避難経路の考え方の説明（近さを優先，安全性を優先などなど）を行う．
- ④各班の避難ルートを参加者全員で評価する．
- ⑤ワークショップに関するアンケート調査

#### (2) フィールド調査概要

フィールド調査は，図-3.5に示す2つのルートにて第1回ワークショップで設定した避難路を中心に2班に分かれて実際に街中を歩いて危険箇所等を確認した．約1時間の調査の中で，案内板，違法駐車，細街路，急な階段等の現状を再認識すると共に，新たな避難路の発見もあった．また，自分達が設定した避難路や避難場所の再設定が必要だと云う意見が多く確認された．フィールド調査中にて新たに発見することができた危険要因及び脆弱性を下記に示す．



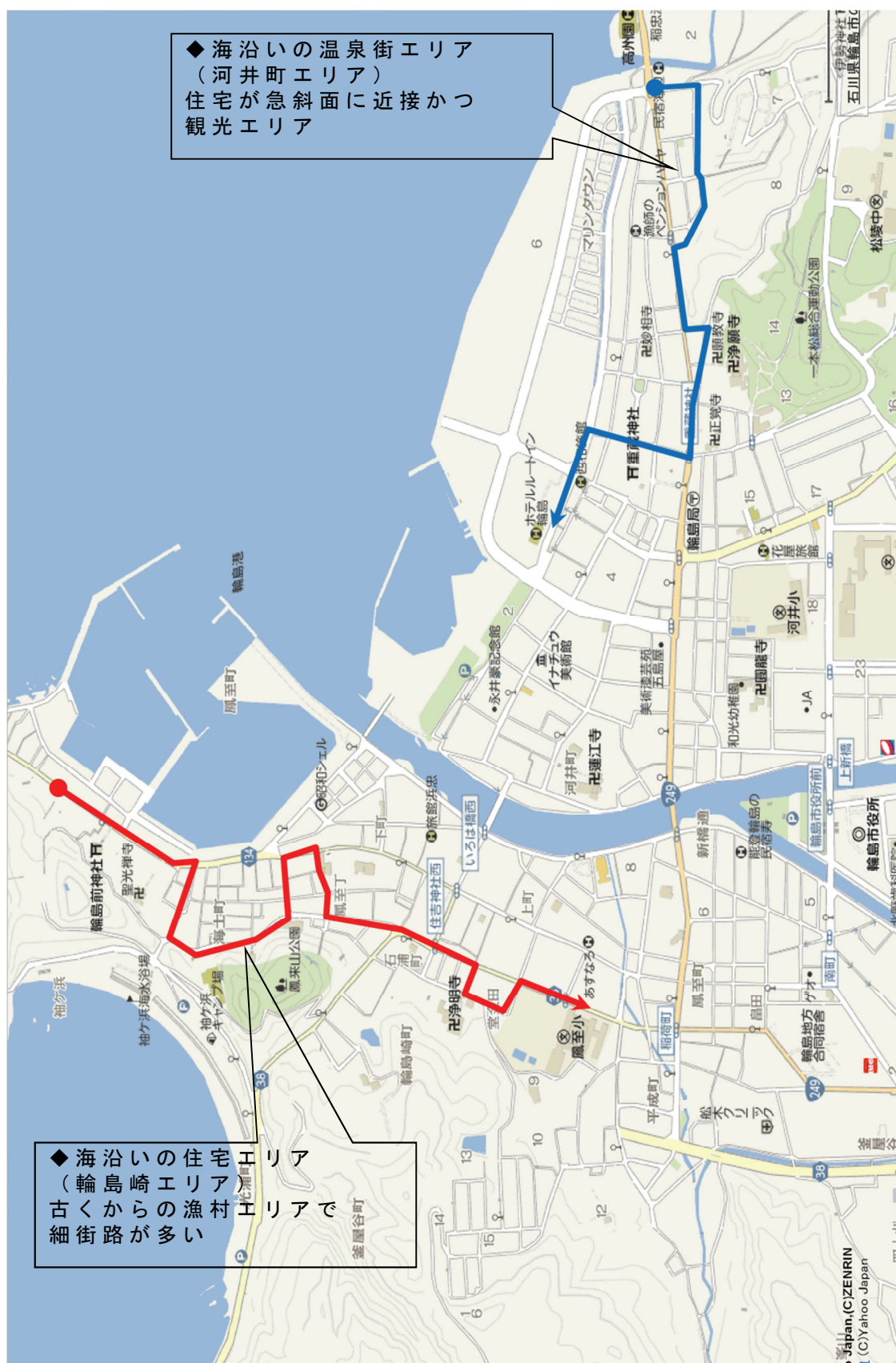


図3.5 フィールド調査ルート

・写真-3.3に示すように，標高案内板に記載されている標高はどこの高さを示しているのかという曖昧な点を発見した．調査後に輪島市に確認したところ，表示されている標高は路面高であることが確認されたが，多くの住民は設置位置の標高だと認識していた．

・標高案内板に記載されている標高が住民の認識と合わない（近くの標高案内板で標高に差がありすぎる）ことも確認された．調査の2ヶ月後に，輪島地区に設置されている標高案内看板の表示に不備があることが判り，標高案内板の修正が行われた．



写真-3.3 標高案内板の現状



・写真-3.4に示すように，違法駐車台数やエリアが想定より多く，車両のすれ違いができない状況が新たに確認された．海沿いの住宅エリアは戦前の車社会前に集落が形成されていることから，車庫が家屋に隣接していないことや，集落自体が密集市街地内となっていることなどから，駐車場スペースが全体的に確保できていないことが原因と考える．但し，近年の過疎化により賃貸駐車場も少しづつではあるが増えてきている．



写真-3.4 違法駐車の状態

・写真-3.5に示すように，輪島地区の海沿いに位置する町会内の道路の半分は細街路であり，その殆どが2m程度以下となっている．細街路には避難時に障害となりうる物（自転車や植木及び木箱等）が想定より多かったことが確認された．



写真-3.5 細街路の現状



・海沿いの輪島崎町や河井町の背面に位置する高台に避難しようとする際には、写真-3.6に示すような急勾配の階段や幅の狭い階段を通行しなければならない。中には急勾配かつ降雨時に滑りやすい天然石階段もあり、昇りづらいという状況がある。また、部分的に手すりが設置されていない区間もあり、全体的に避難し易い環境とは言い難いことを確認することができた。



写真-3.6 急な階段の現状

・写真-3.7に示すように，フィールド調査にて新たに発見された避難路を下記に示すが，寺院の敷地を利活用した新たな避難路など，地域をよく知る住民ならではの発見であった．

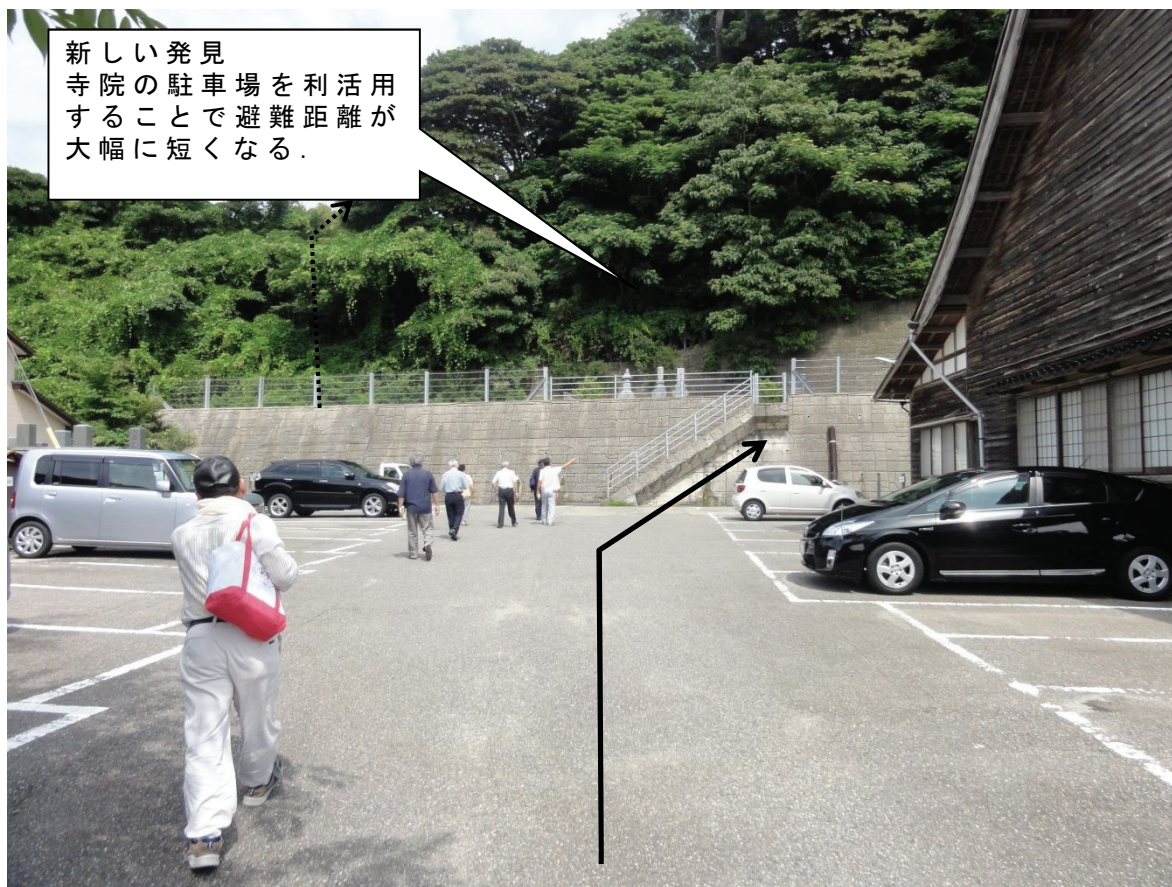


写真-3.7 寺院の駐車上を活用した避難路

### 3.3.4 第3回ワークショップ

#### (1) 第3回ワークショップ概要

- ・実施日時：2012年7月29日，9：00～12：00
- ・参加者：輪島地区住民36人

第2回ワークショップにて各班の避難ルートを参加者全員で評価した結果を冒頭で説明することで，参加者全員が防災に関する情報の共有を図ることができた．その後自助・共助・公助に関する説明を行い，各班で討議し発表及び評価を行った．以下に概要を示す．

- ①第2回ワークショップで各班の避難ルートを評価した結果説明と考察する．
- ②地域防災力向上に関する討議（自助，共助，公助の役割）：各班



で自分達は何ができるか？，自分達の町会で何ができるか？，自分達でも町会でもできないことは何か？を討議する．

③各班の提言を発表する（自助，共助，公助，その他）．

④各班の提言に対して，「良い提言だ！」と思うことをアンケート調査で把握する．



写真-3.8 ワークショップ風景

### 3.3.5 ワークショップの結果

#### (1) 第1回ワークショップにおける結果

ワークショップでは1/10,000の地形図を用いて，地域住民を6班に分けてT-DIGを通じて地域の脆弱性であるリスク抽出を行った．T-DIGを始める前に，写真-3.2に示すように，輪島地区の地図に示す8つのポイント（A～H）からどのような経路でどこに避難するかという問いを各班に与えた．これは，防災に関する情報が蓄積されていない状態で設定した避難場所と避難経路をT-DIG後に再評価することで防災知識の変化を確認するためである．T-DIGは5色のペンを用いて道路，細街路，河川，避難所，オープンスペースを地図に塗り分け、付箋を用いて地域の脆弱性となるリスク（避難時に危険と思われる物）を地図に張り付けた．

その後、石川県が設定した津波浸水想定エリア図を地図に重ね合わせてT-DIGを始める前に設定した避難路と避難場所の再評価を行った。

表-3.2 避難場所と避難経路

	T-DIG前に設定した 避難場所		T-DIG前に設定した 避難経路は安全か	
	市指定の 避難所	市指定外 の避難所	安全	安全 でない
A	26人[72%]	10人[28%]	18人(6人)	18人(30人)
B	27人[75%]	9人[25%]	17人(7人)	19人(29人)
C	23人[64%]	13人[36%]	17人(6人)	19人(29人)
D	21人[58%]	15人[42%]	20人(6人)	16人(30人)
E	19人[53%]	17人[47%]	7人(4人)	29人(32人)
F	26人[72%]	10人[28%]	20人(5人)	16人(31人)
G	28人[78%]	8人[22%]	22人(3人)	14人(33人)
H	24人[67%]	12人[33%]	18人(3人)	18人(33人)
平均	24人[67%]	12人[33%]	17人(5人)	19人(30人)

避難場所：[ ]は割合を示す

避難経路：( )はフィールド調査後の再評価を示す

表-3.2に示すように、T-DIG前に設定した避難場所の約33%程度は輪島市指定外の避難場所であった。その原因は、輪島市指定の避難所は輪島市が所有している施設のみを対象にしており、石川県や国が所有している施設は含まれていないことが大きな要因であることが確認できた。具体的には合同庁舎、美術館、小高い丘などである。地域住民にとって避難場所とは、防災から身を守ることでできる施設であり、国や県や市と言う区別がないことを確認することができた。また、地域住民の殆どは津波に対して安全な高台の避難所を設定する傾向は確認できたが、津波避難ビルに指定されている海沿いのホテルには誰も避難しないという結果となり、津波地震時に海に向かって避難することの難しさが浮き彫りとなった。また、T-DIG前に設定した避難経路は平均で19人（約90%）の方が自分達の設定した避難路が安全ではなかったと評価した。これはT-DIGにて多くの情報が地図に表現され、最初に設定した避難路

の途中に細街路やブロック塀などの危険個所が多く点在したことが大きな要因であった。

具体例を挙げると、Eポイントからの避難路は90%以上の方が安全でないと評価しているが、これは最も近い避難所に向かう為には、街中にある多くの細街路を通行する必要がある為、最短経路を設定した殆どの方が安全ではないと評価した為である。また、班編成を町会もしくは近接するエリア別にした所、自分たちの町会及び町会周辺以外の脆弱性は殆ど解らないという班が6班中2班存在し、その2班の2名は、第2回ワークショップのフィールド調査で自分の住む町会以外のフィールド調査に参加し、自分の住む町以外の情報を知るというリスクのアクティブ化へ変化しつつある住民も確認できた。

表-3.3 自由意見の整理

①避難所が分かりにくいので標識を設置してほしい	公助
②道路が狭いので何とかしてほしい	公助
③ブロック塀が危ないので何とかしてほしい	公助
④要介護者対策を市がしっかりしてほしい	公助
⑤市が避難路を決めてほしい	公助
⑥市が防災教育を推進してほしい	公助
⑦このような会はもっと前に市がすべきではないか	公助
⑧T-DIGを町会単位で開催したい	共助
⑨学校を高台に移転してほしい	公助

T-DIG終了後に各班の方々にワークショップについて発表して頂き、その中で自由な意見を求めた所、表-3.3に示すような結果となった。意見の殆どが輪島市に対する公助であり、T-DIGを用いて地域の脆弱性となるリスクを抽出したことで住民の危機感が更に高まり、その矛先が輪島市に向き、その結果として「輪島市に何とかしてほしい」という意見に集約されてしまった。

以上より、現時点における住民の意識は「防災は国や県や市が何とかするもの＝公助」という意識が強いということが確認できた。

住民の中から輪島市の現状を問う発言があり、同席していた輪島市総務課防災対策室の方に確認した所、輪島市としては各町会に1名以上の

防災士を配置して頂き、防災士を中心とした自主防災組織の活動を支援しているとのことであったが、全町会に防災士が配置されている訳ではないことも説明がなされた。

以上より、現状では専門家である行政と地域住民間の双方向的なリスクメッセージのやり取りは防災士等に限定されていることや防災士が配置されていない町会は防災について孤立している現状を把握することができた。

## (2) 第2回ワークショップにおける結果

T-DIGは机上における防災シミュレーションであり、すべてを正確に把握することはできないことから、補完する為にフィールド調査を行い、各班が抽出したリスク要因の適正について実際に見て確認した上でT-DIGを再検討し、内容の適正化や充実化を図ることでより正しくリスクを認知することが可能になる。今回のフィールド調査では図-3.6～図-3.9に示すように、多くの現状と住民意識を把握することができ、T-DIGを補完し具体化することができた。図-3.6に示すように参加者の殆どがフィールド調査で新たな危険箇所を発見することができた。また、図-3.7に示すとおり、地域住民が考えている細街路の幅員を整理することができた。地域住民の91%は4m未満の道路を細街路として考えることが確認できた。この理由は写真-3.4に示す通り、現地では4m程度の道路でも自転車やバケツ・木箱などが路上に置かれており、実際の道路幅は2m程度となっていることが多く確認されたことから、4m程度の道路であっても細街路という認識がなされたと考える。

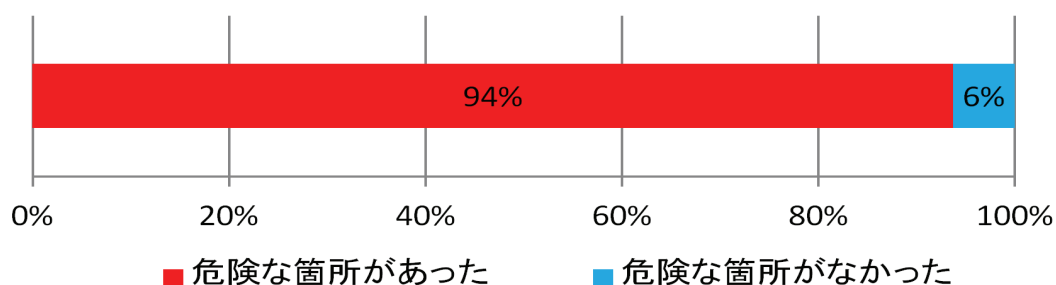


図-3.6 フィールド調査で新たな危険箇所はあったか

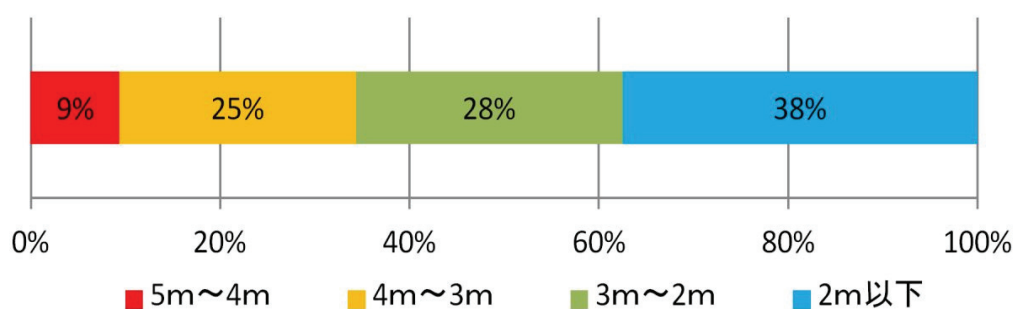


図-3.7 住民が考えている細街路の幅員

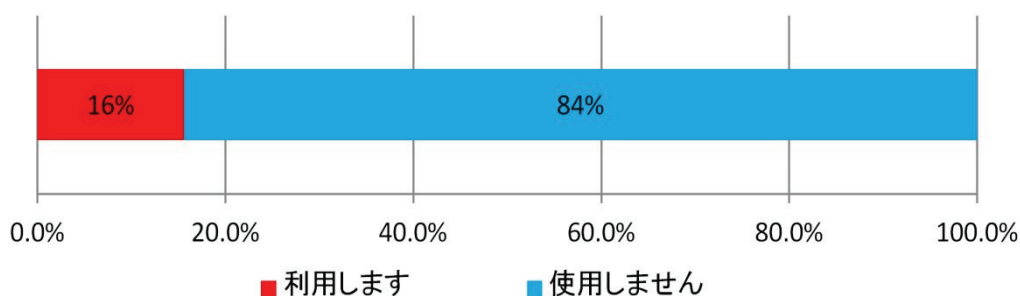


図-3.8 津波警報発令時に川沿いの道を利用するか

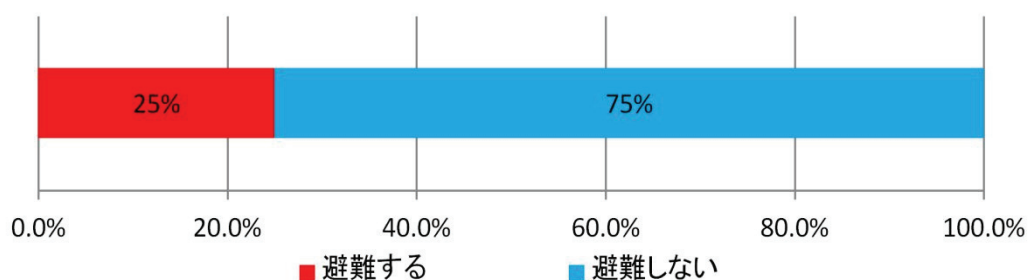


図-3.9 津波浸水想定エリアに近接している避難所に避難するか

地震後の行動に関する質問では，図-3.8及び図-3.9に示すように，川沿いの道路利用や津波浸水エリアに近接している避難所への避難の有無について尋ねたところ，川沿いの道路利用は84%の方が利用しないと回答し，避難所利用は75%の方が利用しないと回答した。

第1回のワークショップでも川を渡って避難することや津波浸水エリア近接の避難所の利用は行わないと発表する班が殆どであり，多くの方は地震津波に対する反応として海や川という項目に対して敏感になっており，フィールド調査後も認識が変わることはなかった。フィールド調査後に，第1回ワークショップで設定した避難経路の安全性を再検討し再評価した所，表-3.2に示す通り第1回では平均17人の方が安全だと判

断した避難経路は平均5人まで低下した。これは、細街路やブロック塀及び違法駐車の状態を現地で確認し、想定していた以上に状態が良くないということを確認したことが大きな要因だと考える。現地では、「これが倒れたらこの道は通行できない」とか「違法駐車がここまで多いとは認識していなかった」という声が多く寄せられた。この結果からも、T-DIGはフィールド調査と一体となることが有効であることが確認できた。但し、専門的なDIGは防災意識が成熟していない地区では難しすぎることから、リスク抽出及びリスク認知に絞り込んだDIGが最初のステップとして有効であることが確認できた。

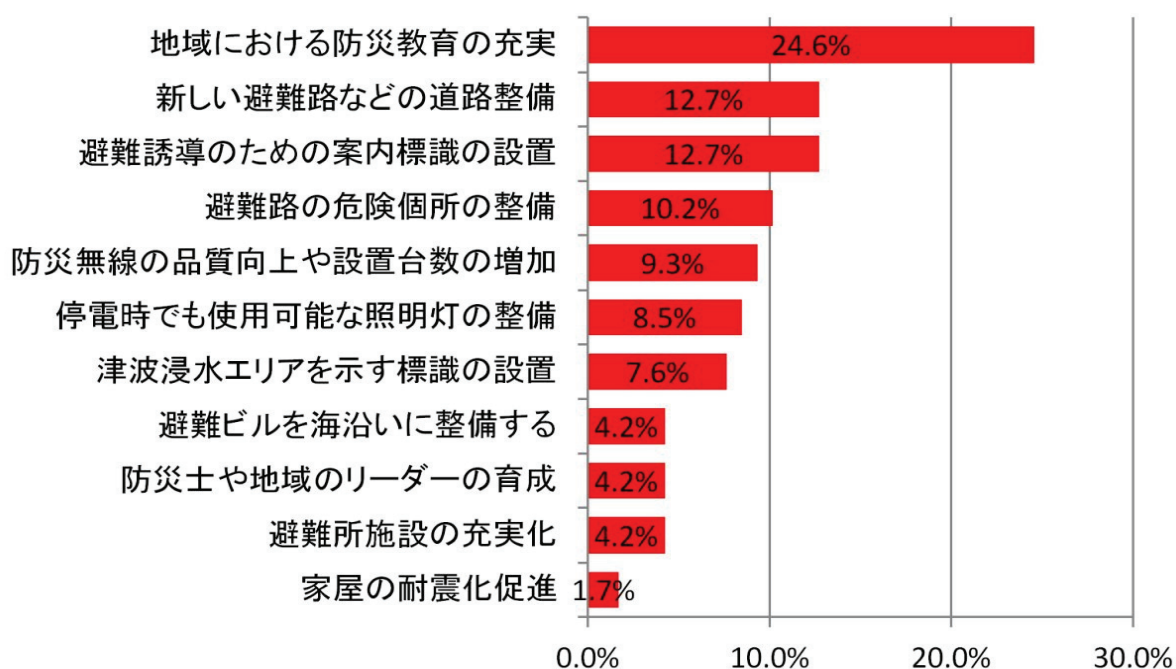


図-3.10 地域防災力を向上する為の方策

図-3.10に示すように、ワークショップ参加者に、今後の輪島地区における地域防災力を向上していく為に必要な方策について尋ねたところ、「地域における防災教育の充実」が24.6%と最も多く、関連する「防災士や地域のリーダーの育成」を合わせると約30%程度となり、今までの公助中心の防災から、共助や自助の視点からの防災意識が変化していると考えられる。また、より具体的な方策としては、「停電時の照明」、「防災無線の品質向上」、「案内標識の充実」、「危険個所の整備」、「新しい避難路の道路整備」などが挙げられている。これらは、輪島市に対応してほしい事項（公助）ではあるが、各発表では、何処に、何を、



ということは地域（自助及び共助の視点）から発信したいという意見や、地域の細かな情報（危険要因などの脆弱性）は町会で把握すべきだという意見もあった。この2つの意見には続きがあり、参加者の多くは行政や専門家のサポート（協働）は必要不可欠だ言う発言がなされた。参加者は、T-DIGにより地域のリスクを抽出し、フィールド調査で地域のリスクを認識した時点で、地域防災を自分達の事として認識し始めたことが確認でき、これが、住民の意識が公助から共助及び自助に変化し始めたターニングポイントだと考える。

#### （3） 第3回ワークショップにおける結果

第2回ワークショップで住民の意識は大きく変化し、より具体的に自分達の町のことを能動的に考えるように意識が変化した。そこで、第3回ワークショップでは、今後の地域防災力向上を支える上で重要なキーワードとなる「自助・共助・公助」を題材にした。まず最初に、地域住民の方が考えている「自助・共助・公助」を各班で話し合い、各班が考える輪島地区に必要な「自助・共助・公助」について発表して頂いた所、様々な提案があり「自助・共助・公助」が交錯する結果となった。そこで専門家である金沢大学と行政としての輪島市が介在することで、ニュートラルなリスクをアクティブなリスクへと導き、そして、地域住民の主体的防災能力（アクティブなリスクテイク）を向上させるというリスクコミュニケーションにまで発展することができた。最後に各班の発表や討議を踏まえて、各班が設定した「自助・共助・公助」について共感できるか否かというアンケート調査を実施した。以下に「自助・共助・公助」のアンケート結果を示す。

##### a) 自 助

自助としては、下記に示す表-3.4より、2つのグループに区分することができた。

1つ目は、事前に行うことができる行動であり、提案①防災グッズ用意、提案②家族で防災について話し合う、提案③避難路確認、提案⑤危険個所の把握、提案⑥避難場所確認等である。

2つ目は、事前行動と地震後行動の両側面を有している項目であり、提案⑦情報を的確に入手する体制を整えるでは、防災行政無線に頼らない情報入手手段（メール、スマートフォンを利用した防災情報、近所からの伝達等）を考える必要があると多くの方が支持しているが、中には

自助でもあり共助でもあるという意見もあった．提案⑨避難はバイクを活用するという提案に対しては，多くの方が不支持した．これは，地震で転倒したバイクが正常に動くか？とか，不安定な二輪車は危ないと言う意見が多かったことが要因と考える．提案⑧避難できる体力づくりは自助と共助の両側面があり，意見が分かれた．

表-3.4 第3回ワークショップにおける「自助」へのアンケート調査

○：共感できる ×共感できない	事前活動 事後活動	○	×
①防災グッズを用意する	事前活動	93%	7%
②防災について家族で話し合う	事前活動	83%	17%
③避難経路を事前に確認する	事前活動	82%	18%
④避難は徒歩で行う	事前活動	80%	20%
⑤危険個所を事前に把握する	事前活動	77%	23%
⑥避難場所を事前に確認する	事前活動	74%	26%
⑦情報を的確に入手する体制を整える	事前活動 事後活動	73%	27%
⑧避難できる体力づくりを行う	事前活動	43%	57%
⑨避難はバイクを活用する	事前活動 事後活動	3%	97%

#### b) 共 助

表-3.5に示す通り，全ての提案事項で70%程度以上の支持を得ることができた．これは個人の行動である自助より，ある程度の集団行動である共助の方が問題を共有し易いのではないかと考える．自助から共助ではなく，まず，町会単位で何ができるか？，何をしなくてはいいか？ということ話し合った上で，共助を達成するために個人の行動である自助として何をしなくてはいいか？ということ考える方がスムーズに防災ということを考えられるのではないだろうか．実際，今回のワークショップでは殆どの班は自助から話し合うと言うことは無かった．共助として①から⑦が提案されているが，共通する特徴としては，

自分のことと同じように地域のことを考える姿勢が伺える。最近では個人情報保護の観点から提案②や④の活動が難しくなっている現状があるが、行政と地域との協働があれば対応することが可能であると考えられる。また、要介護者対応については地域の民生委員との連携が重要であると考えられる。⑦大きな防災グッズは、規模によって公助的な支援が必要だということから意見が分かれた。

表-3.5 第3回ワークショップにおける「共助」へのアンケート調査

○：共感できる    ×共感できない	事前活動 事後活動	○	×
①皆で避難路を歩いて調査する	事前活動	93%	7%
②要介護者対応を町会で決める	事前活動	87%	23%
③町会単位の防災訓練の実施	事前活動	87%	23%
④町会連絡網の強化	事前活動	82%	18%
⑤地域の絆を大事にする活動を行う	事前活動	72%	28%
⑥近所単位で避難を考える	事前活動	69%	31%
⑦大きな防災グッズは町会で用意する	事前活動	68%	32%

#### c) 公 助

表-3.6に示す通り、公助はハード部門とソフト部門の2つのグループに区分することができた。

- ・ハード部門は道路と道路外に区分される  
道路に関する提案は、提案①，②，③，④，⑤が該当  
道路以外に関する提案は、提案⑥，⑦，⑧が該当
- ・ソフト部門は提案⑨，⑩，⑪，⑫が該当

表-3.6 第3回ワークショップにおける「公助」へのアンケート調査

○：共感できる ×共感できない	区分	事前活動 事後活動	○	×
①太陽光照明の整備	H1	事前活動	87%	13%
②路上駐車を取り締まり強化	H1	事前活動	83%	17%
③避難路の整備	H1	事前活動	77%	23%
④避難路のバリアフリー	H1	事前活動	77%	23%
⑤標識や案内板の整備	H1	事前活動	73%	23%
⑥防災行政無線の性能向上	H2	事前活動	80%	20%
⑦地区単位で公民館の整備	H2	事前活動	66%	34%
⑧民間施設耐震化への補助対策強化	H2	事前活動	57%	43%
⑨観光客と地域住民との連携避難	S	事前活動	87%	13%
⑩避難路の指定	S	事前活動	77%	23%
⑪防災マップの整備	S	事前活動	73%	27%
⑫危険箇所マップの整備	S	事前活動	67%	33%

H1：ハード部門（道路） H2：ハード部門（道路外）

S：ソフト部門

ハード部門（道路）に関する提案は、提案①から⑤が該当しフィールド調査を踏まえて、より、具体的な提案がなされている。この標識は見えないとか、ここに標識があった方が良くとか、この階段を上らないと避難場所にいけないので、手すりの設置や滑りにくい階段にしてほしい等々である。ワークショップにオブザーバーとして参加した輪島市総務部防災対策室の方は、「地域で具体的かつ理由なども付けて市へ提案して頂くと市としても行動し易い」という発言もあり、参加者の中に

は、このようなワークショップを各地区単位で毎年開催し継続していくことが、「地域を守りそして地域を知る」ということに繋がるのではないかと意見も多くみられた。

ハード部門（道路以外）に関する提案では、提案⑥から⑧が該当し、防災行政無線の性能向上は事前アンケートでも要望が多かった事案であり、改善要望が非常に高いことが確認できた。提案⑦地区単位の公民館整備であるが、輪島地区は全地区に公民館が存在していないことから防災拠点としての公民館整備を求める意見があったが、津波浸水想定エリア内に公民館を整備しても有効に活用できないのではないかとという声や津波浸水エリア内に避難することへの抵抗も強く、支持は60%程度となった。これは、第1回ワークショップで確認された津波避難ビルと同様であると考ええる。

ソフト分野に関する提案は、提案⑨から⑫が該当する。まず、市が地域全体の防災マップを作成し、その防災マップを基に町会版の防災マップを作成したいという意見が多かった。これこそが協働防災社会への第一歩ではないかと考える。提案⑨の観光客との連携避難のあり方は、不特定多数の観光客を対象とするため非常に難しい課題であるが、観光都市という側面を持つ輪島地区には必要な課題である。そのことに地域住民が気付いたという点が、新たな始まりの一步と考える。

#### d) ワークショップの考察

T-DIGを用いて地域の脆弱性であるリスクを抽出し、フィールド調査を行うことで、リスクを正しく認知し、住民の防災に関する意識が高まった上で、自助・共助・公助のあり方について3回のワークショップを開催した。

第1回ワークショップでは、地域住民が考える現状の避難経路や避難場所を把握することができ、T-DIGを通じて地域の脆弱性となるリスクを抽出することで、地域における今後の課題を整理することができた。また、各班の発表では、依然として公助に対する意識が強いことも確認できた。

第2回ワークショップでは、フィールド調査を通じて地域におけるリスクを正しく認知し、T-DIGを再検討及び再評価することで、防災意識の向上を図ることができた。また、フィールド調査を行うことの優位性としては、地域の現状を正しく認識することが第一であるが、新しい現状の発見という側面もある。また、少しではあるが、地域住民の意識が

公助から共助及び自助へと変化した過程も確認することができた。

第3回ワークショップでは、自助・共助・公助のあり方について議論がなされ、第1回ワークショップでは殆どが公助中心の意見であったが、T-DIGやフィールド調査を踏まえることで、参加者もニュートラルなリスクを漠然と受容するのではなく、アクティブなリスクとして主体的に関与する能動的な態度と知識を得ることで、防災意識が高まり、その結果、公助から共助及び自助に変化し、そして専門家や行政との協働にまで発展した。また、自助・共助・公助のあり方について男女別集計を行った所、女性の人数が少ないこともありバラツキの多い結果が確認できた。エリア別の集計では特に大きな差は確認できなかったが、若干ではあるが海に隣接する町会の方は避難路や避難場所に関する提案に対して「共感できる」と回答する傾向にあった。しかし、参加人数が36名と分析を行う上での母集団が少ないことから、自助・共助・公助については今後更に研究を進める必要がある。

#### 3.4 まとめ

本研究では、2007年能登半島地震を経験した輪島市臨港地域周辺の住民を対象としたワークショップを通じて、地域における脆弱性を抽出し、正しく認知し、それらについて地域住民と専門家（行政や研究者）が、双方向的なリスクコミュニケーションを行うことで、以下に示す2点の新しい点を明らかにすることができた。

1点目は、T-DIGを用いたワークショップにて、地域の持つ脆弱性を抽出し、更にフィールド調査を行うことで脆弱性を正しく認知し、T-DIGを再検討及び再評価することで内容の充実化が図られた結果、表-3.3に示されていた「公助」中心であった地域住民の意識が表-3.4～表-3.6に示す「自助・共助・公助」へと意識変化していく過程を確認することができた。

2点目は、第2章に示す輪島地区で事前に行ったアンケート調査結果では、輪島市防災マニュアルの認知率と防災意識の関係を整理し、防災教育の在り方について提案したが、今回のワークショップでは、地域防災力を向上させる方策としてより具体的にソフト部門の防災教育とハード部門の各種整備に関する住民意識を明確にすることができた。また、その方策は公助が主体ではあるが、自助や共助の視点で地域住民から提案していこうという姿勢も確認することができた。

本章で得られた成果について以下に示す。

(1) T-DIGによる地域のリスク抽出とフィールド調査による  
リスク認知

T-DIGを行った結果、地域住民の方は地域におけるニュートラルなリスク（輪島市の防災マニュアル等）を正しく認識していないという現状を把握することができた。また、専門家である行政と地域住民間に双方向的なリスクメッセージのやり取りは、ごく一部に限定（防災士等）されていることも確認できた。今回行ったワークショップでは、T-DIGを通じて地域の脆弱性となるリスクを抽出し、地域住民の考える避難経路を把握することができ、輪島地区の課題を整理することができた。また、地域住民が継続して続けていくためには難しい訓練や教育ではなく、「面白い」や「楽しい」そして「新しい発見」というワクワク感などのキーワードが必要であることも確認できた。T-DIGだけでは、自分達の想いを地図上に記載したに過ぎず、フィールド調査にてT-DIGを補完することでリスク抽出及びリスク認知を正しく認知することができた。また、フィールド調査では地域住民の意識と現状の違いも把握することができ、フィールド調査の必要性を確認できた。しかし、一度に広範囲のフィールド調査を行うことは難しいことから、フィールド調査のあり方に関して課題が残った。

(2) リスクコミュニケーションによる自助・共助・公助のあり方

地域住民の方の多くは、自助・共助・公助を正しく理解しておらず、第1回や第2回ワークショップの発表では、防災計画等は輪島市の方で決めてほしいと言う公助中心の意見が多かったが、ワークショップにてリスクコミュニケーション手法によるリスクメッセージの双方向的な議論を進めていくうちに、多くの方が自助・共助・公助の役割を正しく認識し、明確に区分することが難しい部分はあるが、自助や共助をベースにした公助のあり方を考えると言う意識に変化した。自助では、事前行動と地震後行動の2つのグループに区分することができ、地震後の行動を見据えた上で、今何をしなくてはいけないのかという意識を確認することができた。また、共助では「絆や助け合い」というキーワードが主体となっていることも確認でき、全体計画は公助で行い、細目は地域で話し合い共助及び自助主体で決めることの重要性を確認することができた。

本章では、地域防災力を向上するために必要な基礎的知識の向上策としてのT-DIGやフィールド調査の有効性を確認した。T-DIGやフィールド調査を行うことで地域住民と専門家（行政や研究者）が、地域の脆弱

性であるリスクを正しく認識し，更にそのリスクについて両者が双方向的なコミュニケーションをとることで住民意識が変化することが確認できた．

### 第3章の参考文献

- 1) 矢守克也，吉川肇子，綱代剛：防災ゲームで学ぶリスク・コミュニケーション，ナカニシヤ出版，pp.2-8，2011．
- 2) 瀧本浩一：改訂版地域防災とまちづくりーみんなをその気にさせる災害図上訓練ー，イマジン出版，pp.37-47，2011．



## 第 4 章

# マルチエージェントシステム を用いた地震津波避難 シミュレーション分析

## 第 4 章 マルチエージェントシステムを用いた 地震津波避難シミュレーション分析

### 4.1 はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災では多くの犠牲者が発生し、未曾有の大惨事となった。その教訓を踏まえて国の防災基本計画では、最大級の地震津波に対して生命を守ることを優先した避難対策を、ハードとソフトの両面で検討することの重要性が示され、減災に向けた対応が地方自治体に求められている。しかし、地方自治体では財政状況が厳しいことや防災の専門家がいらないことから、防災教育や地域防災力向上が思うように進んでいない現状がある。また、地域におけるリスク認知度に大きな個人差があり、防災協働社会構築の弊害になっていることも事実である。また、既往の研究は研究のために構築したGISを用いて避難シミュレーションなどを行っており、この手法を多くの地方自治体で適用するには、多大な費用と時間が必要になってしまう問題点が残る。また、避難速度などは既往の研究にて求められた数値を用いており、検証が行われていない点では若干の疑問が残る。

そこで本論文では、2007年に能登半島地震を経験した輪島市臨港地域周辺を対象として、まず、避難速度実験を通じて既往研究の検証を行い、研究のために構築したGISではなく全国の市町村が保有するGISデータを有効に利活用してマルチエージェントシステムを用いて、地方都市における防災教育や地域防災力向上の為のツールとしての簡易的な地震津波避難シミュレーションの適用及び有効性について基礎的研究を行う。

### 4.2 輪島市臨港地域概要

#### 4.2.1 対象エリア概要

能登半島の北西にある輪島市は、総人口30,136人（平成24年8月1日現在）、世帯数12,913の町である。今回の研究対象とした輪島市臨港地域（以下、輪島地区）を図-4.1の黒点線枠として示すが、人口

12,338人、世帯数3,776を有する輪島市の約半数が対象となるメイン地区である。



図-4.1 輪島市臨港地域(輪島地区)の概要図

輪島地区の特徴は第3章 3.3.3 第2回ワークショップ(2)フィールド調査にて記載しているが、避難所という視点で輪島市の特徴を整理し、その結果を以下に示す。

- 1) 海沿いの観光客用駐車場には写真-4.1 に示す避難場所の案内看板が設置されているが、想定津波浸水エリアが記載されていないことや最新の避難所情報と整合していない。

- 2) 輪島地区には、太陽光発電仕様の避難所案内標識が設置されているが、写真-4.2 及び 4.3 に示すように家の陰になっていたり木の枝などで隠れていたりして、地域住民の認識度は低い。
- 3) 写真-4.4 に示す海沿いの輪島崎町などでは、町会の背面に避難所に指定されている高台があるが、高台に向かう唯一の道路が急傾斜地崩壊危険区域に指定されており、地震時の機能性に問題が残る。また、写真-4.5 に示す高台に昇る階段には照明が設置されておらず、階段も草木で覆われている状態となっている。



写真-4.1 避難場所案内位置図





写真-4.2 避難所案内標識 1



写真-4.3 避難所案内標識 2





写真-4.4 急傾斜地崩壊危険区域標識



写真-4.5 避難所に向かう為の階段

## 4.3 輪島市が保有するGISの活用

### 4.3.1 輪島市GISの現状

輪島市では、様々な GIS データを管理しているが、各々が独立しており庁内で統合されていない。今までは各々に関連性がない為、独立して管理・運営されてきていたが、防災という視点で考えると今まで関連性が少ないと思われていたデータが実は非常に関連性の高い可能性がある。このような現状は輪島市特有の事項ではなく、県内の市町村でも同様に GIS データの統合化は進んでいない。その原因としては、個人情報保護法の問題、部署間の壁や使用している GIS システムの違いなどが挙げられる。以下に輪島市 GIS データの現状を示す。

- a) 総務部防災対策室：揺れやすさマップ GIS データを保有し、家屋の想定倒壊率や液状化予測データがある。
- b) 建設部土木課：輪島市が管理する市道等を GIS データとして保有し、道路番号、道路幅員、道路延長、起終点の標高等のデータを GIS 化している。
- c) 総務部税務課：固定資産台帳の GIS データを保有し、家屋の建築年、構造形式、床面積等がある。

輪島市が保有する主な GIS は上記に示す 3 つとなるが、この中で最も取扱いが難しいのは c) の GIS データである。このデータの中には、個人情報が多く記載されていることから、基本的に統合することが難しいデータとして扱われている。輪島市税務課でもこのデータを閲覧することができるのは限られた職員であった。

### 4.3.2 統合 GIS 化

#### (1) GIS データの統合

- a) 3 つの GIS データは、同じ座標系で管理されていないことから座標系の統合が必要となった。マルチエージェントシステム上、厳密な座標系の整合は必要ないことから、GIS 上で共通する施設等をコントロールとした 2 点間で座標系の統合を図った。
- b) 道路 GIS 上では、幅 5m 以下の細街路や階段はデータ化されていないことが確認されたが、マルチエージェント上は重要項目なため、今回は道路データとして追加登録した。但し、下水道管は全ての細街路に配置されていることから、今後、下水道 GIS 化が整備されれば、データの統合はスムーズになる。

- c) 固定資産台帳 GIS 内の個人情報の取扱いは，個人名や税金等に関する個人情報は，統合する前に市の担当課にて GIS データから削除して頂き，マルチエージェントシステムに必要な家屋の住所，建築年，構造，床面積等のみの GIS データを取り扱うことで対応した。

## (2) GIS データとマルチエージェントの統合

GIS 上の道路データは，図-4.2 に示すように路線単位で取りまとめられており，交差点で各々のデータが結線されていない．マルチエージェントシステム上，交差点単位のノードで道路を細分化する必要性が生じたことから，交差点単位で道路を細分化し道路番号を追加した。

以上より，市内の GIS データとマルチエージェントシステムを統合することができた．今後は，市内の GIS データを統合しやすくするために，基本となるデータなどは統一したルールの下で共有するなどの対策を行うことで，GIS データの利活用の幅が広がると考える。

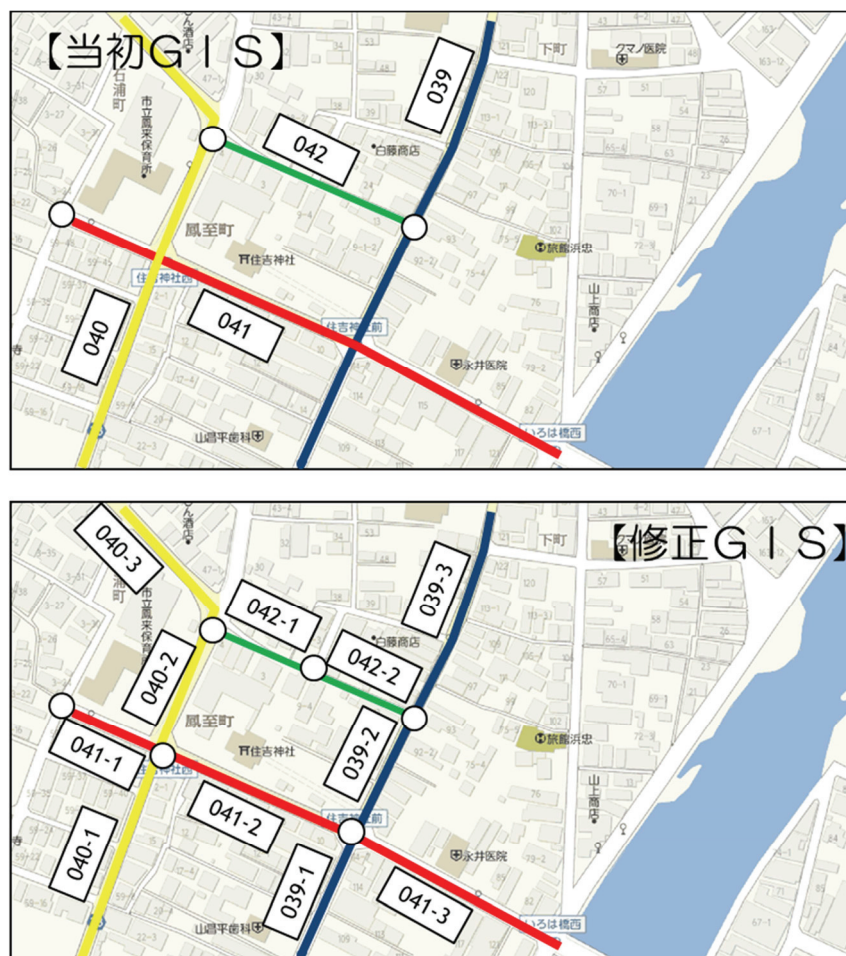


図-4.2 交差点の結合



## 4.4. 避難速度計測調査

### 4.4.1 避難速度計測調査概要

避難歩行速度に関する調査は幾つかの論文などに取りまとめられており、高知県海洋局漁港課による「漁村における津波対策基本方針」<sup>1)</sup>、Willis らによる「Human movement behavior in urban spaces」<sup>2)</sup>では、単独歩行・グループ歩行・年齢別における避難基本速度を計測している。既往の調査においては、倒れたブロック塀や飛散した瓦礫の上を走行した際の速度低減率や昼夜率も算出されている。今回はこれらの論文などで計測されている避難歩行速度に関して、輪島地区住民による避難速度実験を通じ、その妥当性について取りまとめる。

#### (1) 基本条件

地形的要素（階段や坂道）や天候、渋滞、疲労などの避難速度に与える条件は、マルチエージェントシステム上、基本避難速度に係数等として乗じることが可能なため、今回の避難速度実験では写真-4.6 に示すように様々な影響をできる限り少なくする環境で実験を行うために体育館で実施し、障害物のない状態かつ混雑が生じない十分な幅員を確保して基本値となる避難速度の計測を行った。

以下に実験概要と表-4.1 に参加者構成を記す。

実施日時 : 2012 年 11 月 11 日 10:00～12:00

実施場所 : 輪島高等学校体育館

参加者 : 輪島地区住民 37 名

表-4.1 参加者構成

年齢構成(才)	男 性	女 性
～19	3 人	4 人
20～60	10 人	7 人
61～	6 人	7 人
合 計	19 人	18 人

## (2) 実施概要

### a) 単独歩行による年代別避難基本速度の計測

- ① ～19才 : 男女
- ② 20～60才 : 男女
- ③ 61才～ : 男女

### b) 家族歩行によるグループ別避難基本速度の計測

- ① 2人 : 20～60才の男女
- ② 3人 : 1名以上 61才を配置する
- ③ 4人 : 1名以上 61才を配置する
- ④ 5人 : 1名以上 61才を配置する
- ⑤ 6人以上 : 1名以上 61才を配置する

両方とも昼，夜の2パターンで実施した．

## (3) 計測内容

コース図を図-4.3に示すが，1周目 116m，2周目 120m，3周目 120m，全長 356m のコース（通路幅は 5m）において，スタート～ゴールまでの経過時間を計測し，全長から除して平均速度を算出する．その後，各項目別に速度値を平均し避難基本速度とする．なお，グループ全員がゴールした時を，そのグループのゴールタイムとする．また，疲労による影響を軽減するため，セット間に十分な休憩を確保した．写真-4.7に示すように，夜については体育館のカーテンを閉じて，照明を落とし歩行者が簡易サングラスを装着した状況で行った．

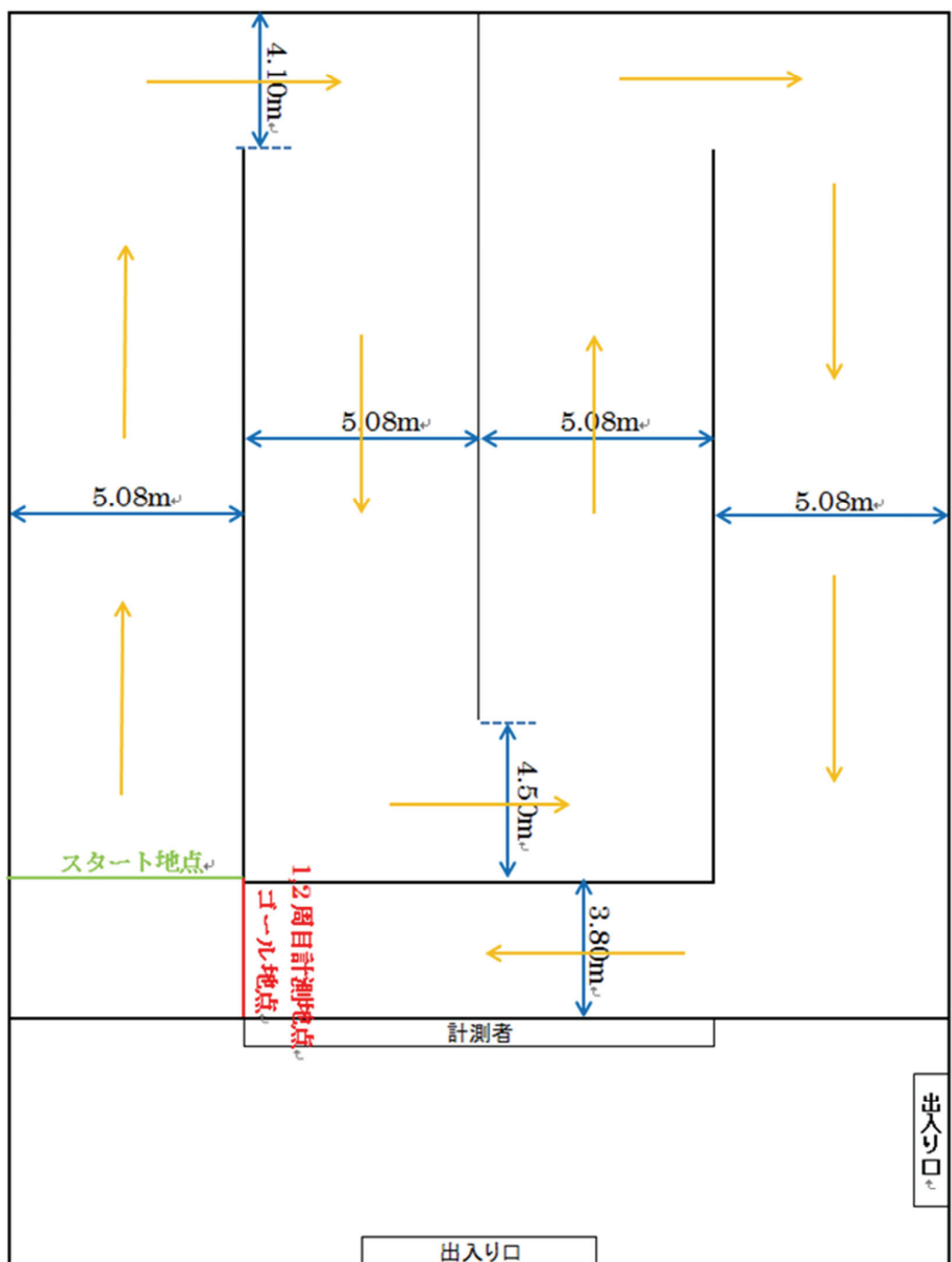


図-4.3 避難速度計測コース図



写真-4.6 避難速度計測風景（昼間）



写真-4.7 避難速度計測風景（夜間）

#### 4.4.2 避難速度計測調査結果

##### (1) 調査計測結果

年代別避難基本速度およびグループ別避難基本速度を図-4.4 及び図-4.5 に示す．図-4.4 より，男女ともに年代が上がるほど速度が減少し，若干ではあるが女性の年代間速度差は小さいことが確認できた．図-4.5 より，家族人数が 3～6 人以上の家族では，速度が約  $1.45\text{m/s}$  程度となっているが，2 人家族ではやや大きい  $1.60\text{m/s}$  となっている．これは 2 人家族は成人 2 名に対し，3～6 人家族は成人に加えて 61 歳以上を 1 名以上配置したことが要因と考えられる．Willis らによる計測ではグループ避難速度は  $1.36\text{m/s}$  程度となっており概ね整合している．また，

年代別、グループ別ともに昼夜率が1倍程度となっているが、これは計測実験後に行ったアンケート調査で以下の2点が要因であることを確認した。

1点目は、夜間で前方や後方が見えない状況においての避難では、昼よりも不安が大きくなり焦ってしまうということであった。

2点目は、昼間計測の後に夜間計測を行ったことによる学習効果であった。

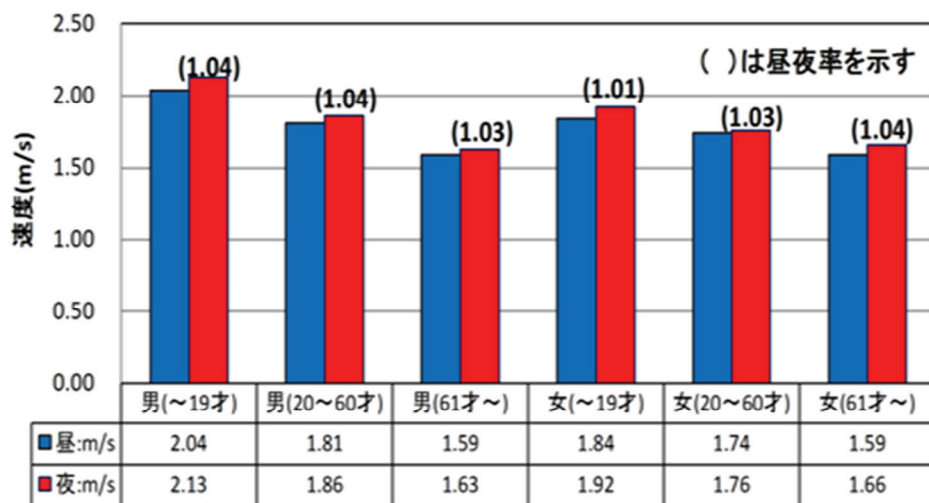


図-4.4 年代別避難基本速度

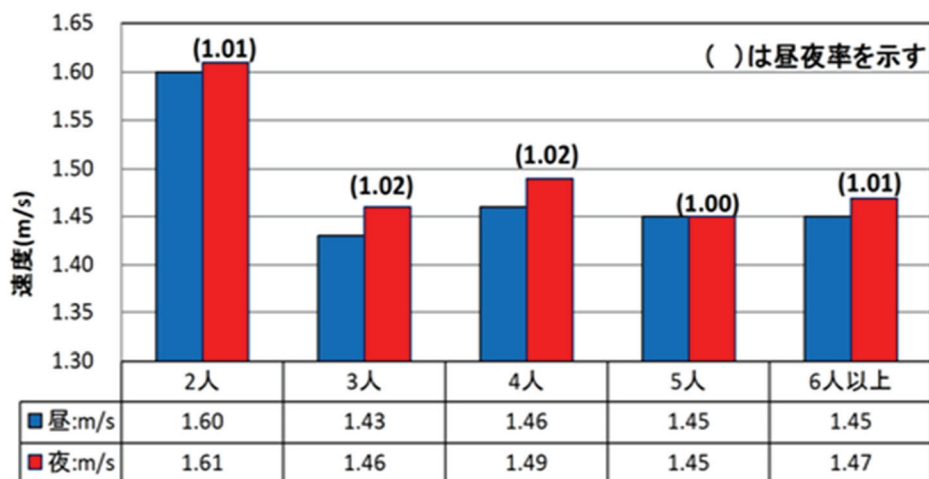


図-4.5 グループ別避難基本速度

## (2) 避難速度計測調のまとめ

今回計測値と既往計測値の対比を図-4.6に示す。避難速度に若干の

差はあるが，年齢の上昇とともに速度が低下する傾向は概ね整合しており，その傾きは Willis らの計測値と類似していることが確認でき，マルチエージェントシステムのエージェントに与える避難基本速度を得ることができた．

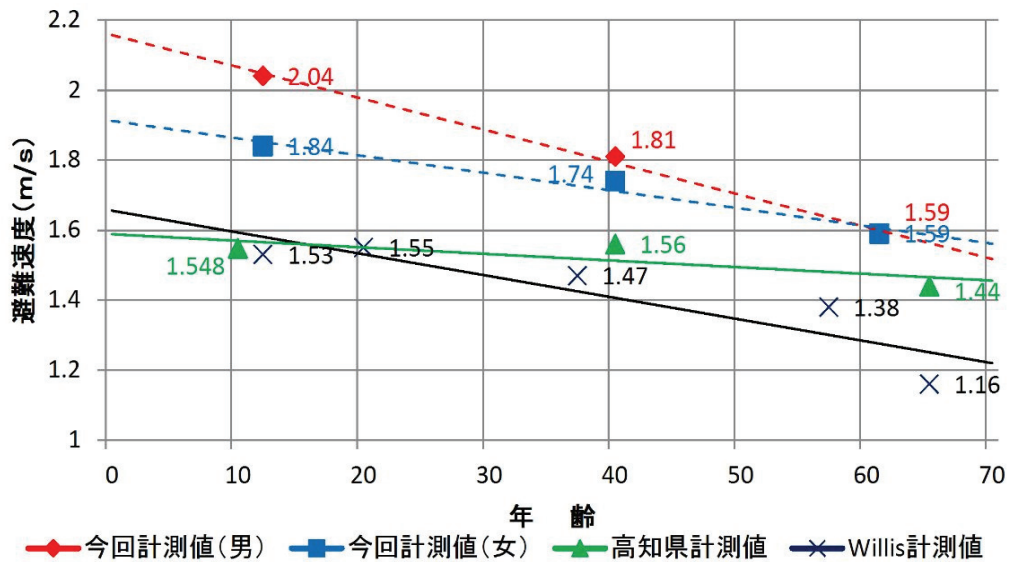


図-4.6 避難速度対比

## 4.5. マルチエージェントの概要

### 4.5.1 マルチエージェントシステム

マルチエージェントとは，複数のエージェント（人）から構成されるシステムであり，エージェント自らの価値基準に従って自分の行為を自由に選択できる自立したエージェントが多数共存する環境をいう．システム構成としては，交差点（ノード）と道路や階段等（ライン）によって構成され，ノード起終点間の複数ラインの総称をリンクと言い，ノード，ライン，リンクの複合体としてネットワークを構成し，このノードやライン上をエージェントが移動するシステムである．そこで本論文では，地震津波発生時の避難行動において避難者をエージェントとして定義し，個人（男女，年齢）や家族，観光客などの属性に行動ルールをそれぞれ与えることで，より現実に近い避難行動を再現することとした．なお，マルチエージェントシステムのソフトウェアは（株）構造計画研究所の `artisoc3.0` を使用した．

今回は対象の空間を輪島市輪島地区とし，交差点等のノード（点）並びに 2 つのノードを結ぶ道路としてのリンク（線分）の集合体として対象空間を表現する．各ノードには様々の情報を設定することができることや，リンクには延長や勾配及び幅といった属性を持たせることが可能となる．図-4.7 にマルチエージェントシステムの概念図を示す．

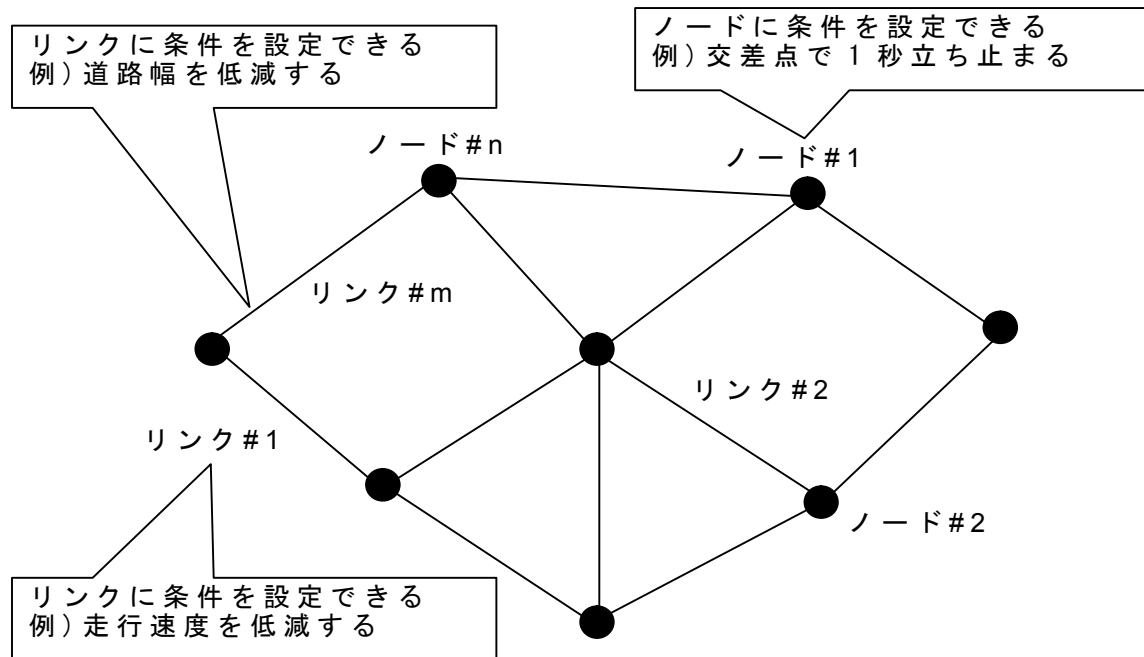


図-4.7 マルチエージェント概念

#### (1) エージェントの避難速度設定

エージェントの具体的な設計項目として避難速度，避難開始時間を設定する．

- ・ 冬季以外避難速度： $V_1 = V_{s1} \times C_1 \times C_2 = 1.14 \sim 1.47 \text{ m/s}$
- ・ 冬季避難速度： $V_2 = V_{s1} \times C_1 \times C_2 \times C_3 = 0.95 \sim 1.22 \text{ m/s}$
- ・ 冬季以外階段部避難速度： $V_3 = V_{s2} \times C_1 \times C_2 = 0.36 \text{ m/s}$
- ・ 冬季階段部避難速度： $V_4 = V_{s2} \times C_1 \times C_2 \times C_3 = 0.30 \text{ m/s}$

以下に設定根拠を示す．

##### a) 避難歩行速度基本値： $V_{s1}$

避難歩行速度基本値は図-4.4 や図-4.5 に示す実験結果を基に設定した．但し，家族構成 3 人～6 人の避難速度値に大きな差がないことから，最低値の  $1.43 \text{ m/s}$  を避難速度基本値とする．

##### b) 階段部避難歩行速度基本値： $V_{s2}$

階段部の避難歩行速度は，「津波対策推進マニュアル検討報告書，



2002」<sup>3)</sup>より、基本速度を  $0.5\text{m/s}$  として設定する。

c) 速度基本値に乘じる係数

避難速度実験では  $316\text{m}$  という短い距離で計測実験を繰り返し行っており、ある程度の学習効果や実際の避難では長距離の避難も考えられることから、以下に示す 3 つの係数を乘じることとする。

・疲労係数： $C_1=0.9$  を考慮する。

「漁村における津波対策基本方針，2005」4)より、疲労係数（体力的疲労に速度低減の割合を疲労係数として定義）を設定する。

・現実率： $C_2=0.8$  を考慮する。

「漁村における津波対策基本方針，2005」4)より、現実率（学習効果による影響や実際に被災した状況による速度低減の割合として定義）を設定する。

・冬季低減率： $C_3=0.833$  を考慮する。

石川県輪島市は降雪地域であることを勘案し、「センターレポート通巻第 166 秋号」7)より冬季における歩行速度の低減率として、冬季低減率（冬季における路面状況による速度低減の割合として定義）を設定する。

#### 4.5.2 エージェントの設定

輪島地区の総人口と観光客を足し合わせた人数をエージェント数とする。輪島市輪島地区の総人口は輪島市の平成 23 年度人口集計表より設定した。

##### (1) 輪島市輪島地区のエージェント数の設定

輪島地区を 88 の町会に区分し、総勢 12,338 人、3,776 世帯を各町会の境界点（ノード）に均等に配置した。但し、平日の昼間人口は明確になっていないことから、表-4.2 に示すように、男性(20～64 才)の 50%かつ、女性(20～64 才)の 10%は地区外に勤務している想定とし、総勢 10,412 人とした。

##### (2) 輪島地区の観光客数の設定

輪島市輪島地区の年間観光客数は、平成 24 年度輪島市統計書より 986,000 人、年間宿泊者数は 167,000 人と設定した。日単位の観光客数は不明なため、今回は以下に示すように設定した。

・平日昼間観光客数： $N_h = \frac{\sum N_k}{D_1 + D_2 \times k} = 2,063$  人

・土日祝日観光客数： $N_d = N_h \times 2 = 4,126$  人

・平日宿泊者数： $N_{hs} = \frac{\sum N_s}{D_1 + D_2 \times k} = 349$  人

・土日祝日宿泊者数： $N_{ds} = N_h \times 2 = 349 \times 2 = 698$  人

ここに、

$\sum N_k$ ：年間観光客数(986,000 人)

$\sum N_s$ ：年間宿泊者数(167,000 人)

$D_1$ ：年間の平日数(252 日)

$D_2$ ：年間の土日祝日数(113 日)

$k$ ：平日と土日祝日の比で2倍と仮定した。

### (3) エージェントの行動設定

エージェントとなる地域住民の避難行動は多種多様かつ複雑であるが、本研究では基礎的研究という観点から避難時の渋滞状況や避難所配置混雑度等を把握するために、避難行動をできる限り単純化した。

①避難行動区分：エージェントとなる地域住民の避難は、家族避難と個人避難の二つに区分した。実際の避難行動は家族避難と個人避難が入り混じっている状態となるが、現時点では家族と個人の比率などについて明確にできていないことや第2章のアンケート調査結果より71.4%の方が家族避難を行ったことや輪島地区は高齢者が多いことから、今回の避難区分は家族避難と個人避難とした。②避難ルート：地域住民は避難所の場所を事前に正しく認知しているという条件下で、最短避難ルートを避難する設定とした。また、観光客の行動設定を地域住民と同じ設定とすることは、現実との乖離が大きいことから、観光客は地震後の避難開始時に周辺を見渡し地域住民の避難者を見つけ次第、地域住民避難者と一緒に避難する行動条件とした。よって、観光客は地域住民避難者を見つけるまで行動を開始しない設定とした。最短避難ルートの設定は、GIS情報から取得した道路情報(ノード情報やリンク情報)を基に3次元的な距離を算出するダイクストラ法を用いた。また、避難者は最も近い避難場所に避難するが、避難場所の収容量を超えた場合や避難所が使用不可の場合は、現地点の避難所から最も近い次の避難所に移動を開始する設定とした。

### (4) エージェントの避難速度と群集密度

群集流は、その形状に応じて一方向流、対向流、層流、交差流、交錯流、追越流などに分類されるが、これら全ての群集流を網羅するエー

エージェントを設定することは難しいことから，今回は単純モデルとして一方  
向流を用いることとした．なお，避難速度と群集密度による速度低減率  
は図-4.7 に示す既往の研究成果を網羅する下限値として設定し，速度  
低減率は群集密度によって変化させることとした．群集密度の算出は道  
路幅員×道路進行方向 1m単位面積当たりの避難者数で算出し，群集密  
度が 4.0 人/m<sup>2</sup> となった時点で速度低減率は 100%となる．

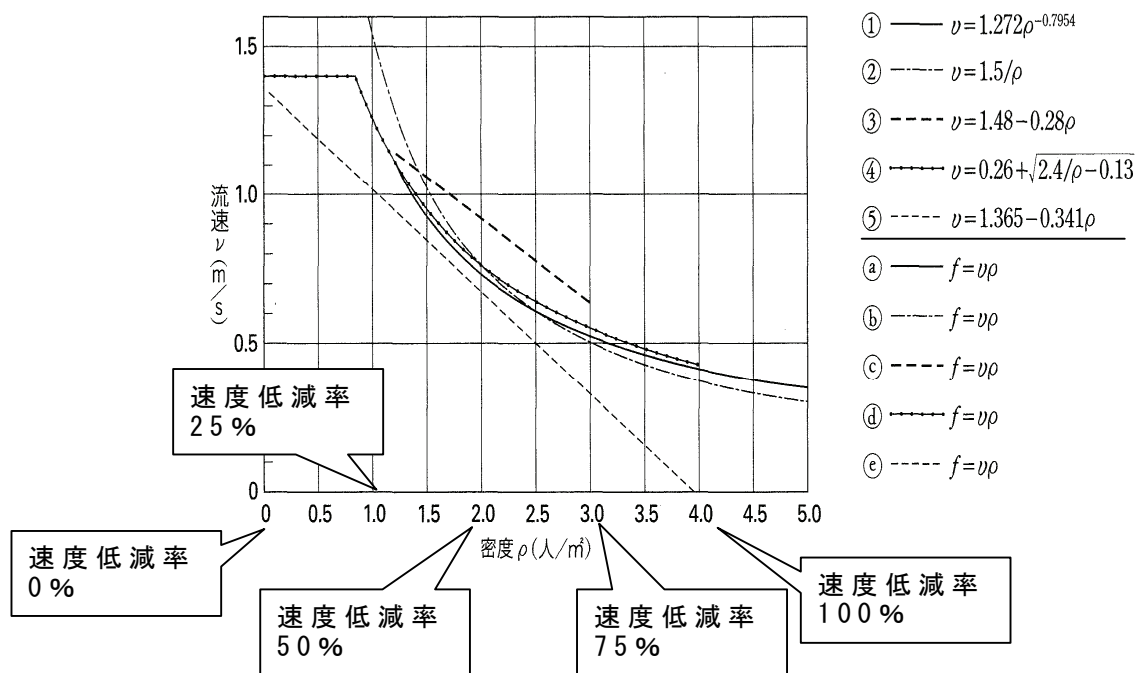


図-4.7 流速と密度による低減率

#### (5) エージェントの配置数

個人別避難と家族避難におけるエージェントの配置は以下の表-4.2  
に示すとおりとする．平日の昼間は，19 歳以下は全て学校に配置し，  
20-60 歳の男性は 50%を自宅に配置し，残りの 50%は地区外とした．  
女性は 90%を自宅に配置し，残りの 10%は地区外とした．その他は最  
も危険側となるように 100%が自宅に滞在している配置計画とした．ま  
た，また，観光客は，朝市や観光施設が多く点在している海沿いの河井  
町地内のノードにランダム配置することとした．週末の昼間は朝食時間  
帯を想定し，全ての地域住民が自宅に滞在している設定とした．

表-4.2 避難時のエージェント配置

	観光客	男 性			女 性		
		～ 19才	20～ 60才	61才 ～	～ 19才	20～ 60才	61才 ～
平日昼	2063人	学校	50%	100%	学校	90%	100%
平日夜	349人	100%	100%	100%	100%	100%	100%
週末昼	4126人	100%	100%	100%	100%	100%	100%
週末夜	698人	100%	100%	100%	100%	100%	100%

#### (6) 避難開始時間の設定

エージェントの避難開始時間設定は、図-4.8に示す「津波被災市街地復興手法検討調査（とりまとめ）,2012」<sup>6)</sup>より、東日本大震災の実績を参考にして、地震発生後5分で15%の地域住民が避難開始し、15分で50%、30分で90%、90分で100%と設定し、各町会全て同じ配分で避難開始を始めるという設定とした。

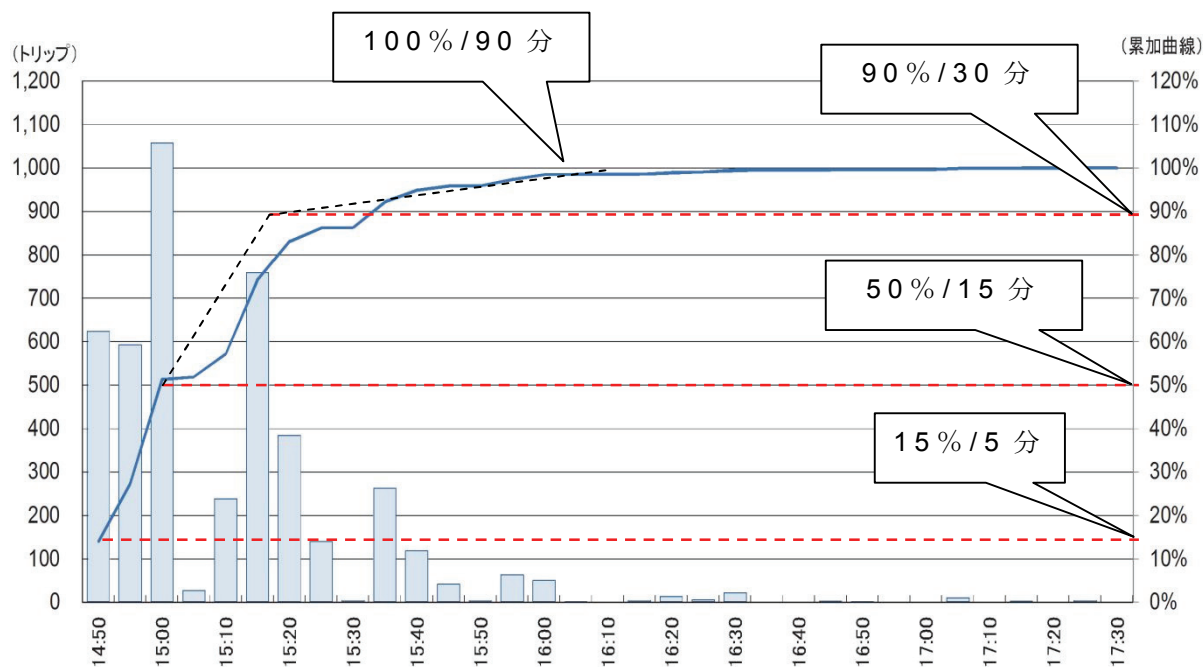


図-4.8 避難開始時間<sup>5)</sup>

### 4.5.3 道路閉塞率の設定

#### (1) 道路閉塞率の設定

地震時に沿道建築物等の倒壊などにより避難路上に生じた瓦礫による閉塞幅は、「STA テクノロジー・ショーケース 2013」<sup>7)</sup>より、以下に示す算式を用いて閉塞幅を算出した。

$$\text{瓦礫幅 } a = 2.32 X_1^{0.379} + 0.189 X_2^{2.23} + 4.41 X_3^{12.0}$$

ここに、

$X_1$  : 建物全壊率

$X_2$  : 平均階層 (延床面積/建築面積)

$X_3$  : 建築密度 (建築面積/宅地面積)

まず、道路リンクに面している家屋 1 軒ごとの瓦礫幅 ( $a_n$ ) と道路リンクに面している家屋 1 軒ごとの幅 ( $b_n$ ) を算出し、以下の式にてノード間の道路リンク単位で平均瓦礫幅を求め、ノード間の既往道路幅 ( $W$ ) から平均瓦礫幅 ( $A$ ) を差し引くこととした。

$$\text{道路リンク単位の平均瓦礫幅 : } A = \frac{\sum(a_n \times b_n)}{\sum b_n}$$

ここに、

$a_n$  : 道路リンクに面している家屋 1 軒ごとの瓦礫幅

$b_n$  : 道路リンクに面している家屋 1 軒ごとの道路走行方向の長さ

$\sum b_n$  : 道路リンクに面している家屋の道路走行方向の総長さ

### 4.5.4 避難場所の設定

2012 年 4 月に設定された輪島地区における避難所と収容人数を図-4.9, 表-4.3 に示す。高台に位置する避難所は、番号 2, 3, 9, 12, 101 の 5 箇所であり、番号 9 と 12 は市街地から離れている。また地域住民にアンケート調査<sup>8)</sup>を行い、津波想定浸水エリア内もしくは近接する避難所番号 1, 4, 8, 13 が避難所として認知されていない傾向が強いことが確認されたことから、今回は津波想定浸水エリア内もしくは近接している避難所番号 1, 4, 8, 13 は使用不可として設定した(表-4.3 にて灰色で着色)。

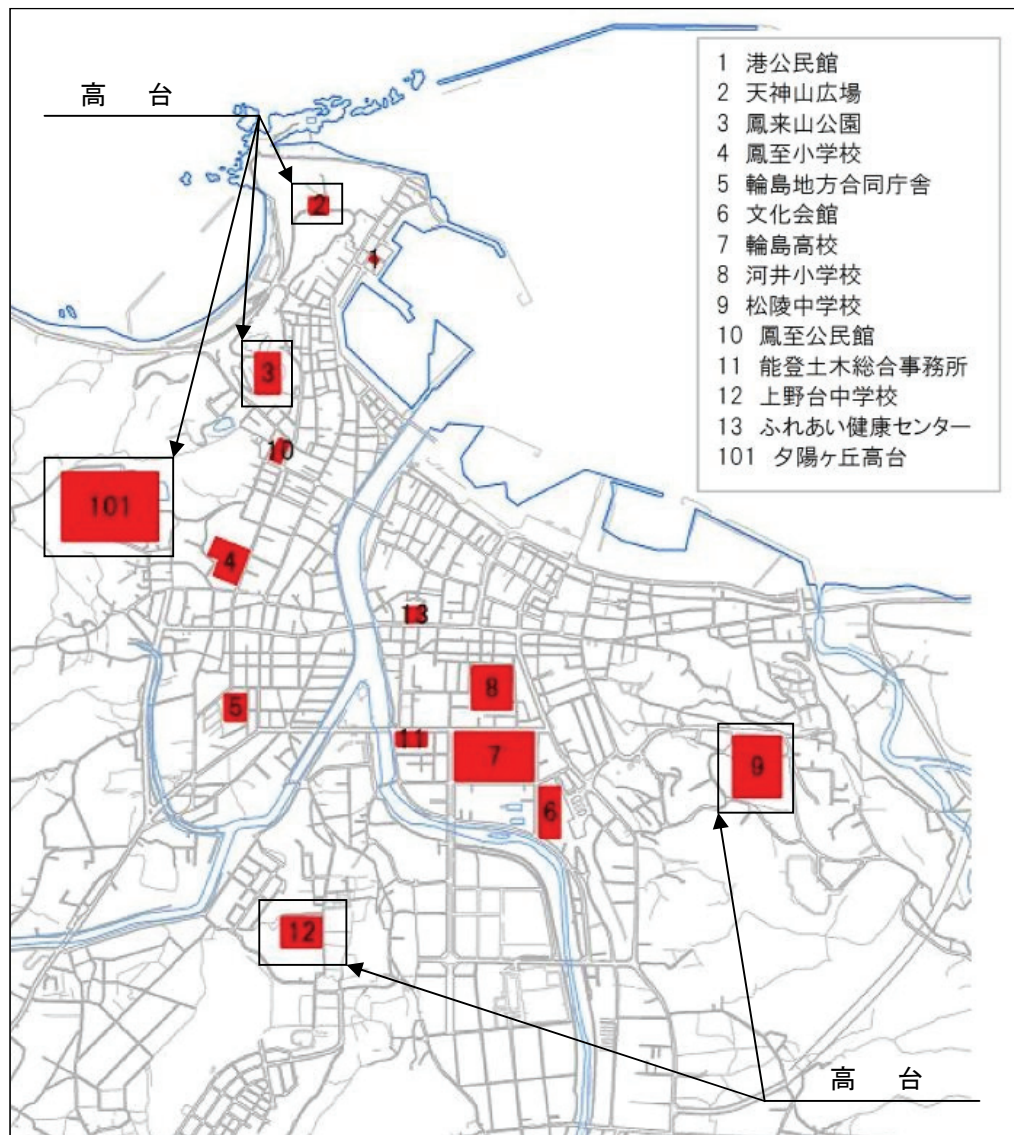


図-4.9 輪島地区避難所一覧

表-4.3 避難所緒元

番号	避難所	収容人数		使用可否	
		屋内	屋外	昼	夜
1	港公民館	94	0	不可	不可
2	天神山広場(高台)	0	2,094	可	可
3	鳳来山公園(高台)	0	10,123	可	可
4	鳳至小学校	433	7,283	不可	不可
5	輪島地方合同庁舎	803	0	可	可
6	文化会館	2,342	0	可	可
7	輪島高校	1,587	8,694	可	可
8	河井小学校	583	5,084	不可	不可
9	松陵中学校(高台)	568	13,203	可	可
10	鳳至公民館	562	0	可	可
11	奥能登土木総合事務所	550	0	可	可
12	上野台中学校(高台)	0	8,078	可	可
13	ふれあい健康センター	32	0	不可	不可
101	夕陽ヶ丘高台	0	30,000	可	可



#### 4.5.5 津波想定到達時間の設定

津波到達時間の設定は、「平成 23 年度石川県津波浸水想定調査，2012」<sup>9)</sup>より，以下の図-4.10 示す 4 つの想定波源から求められる輪島地区への津波到達時間を基に設定する．

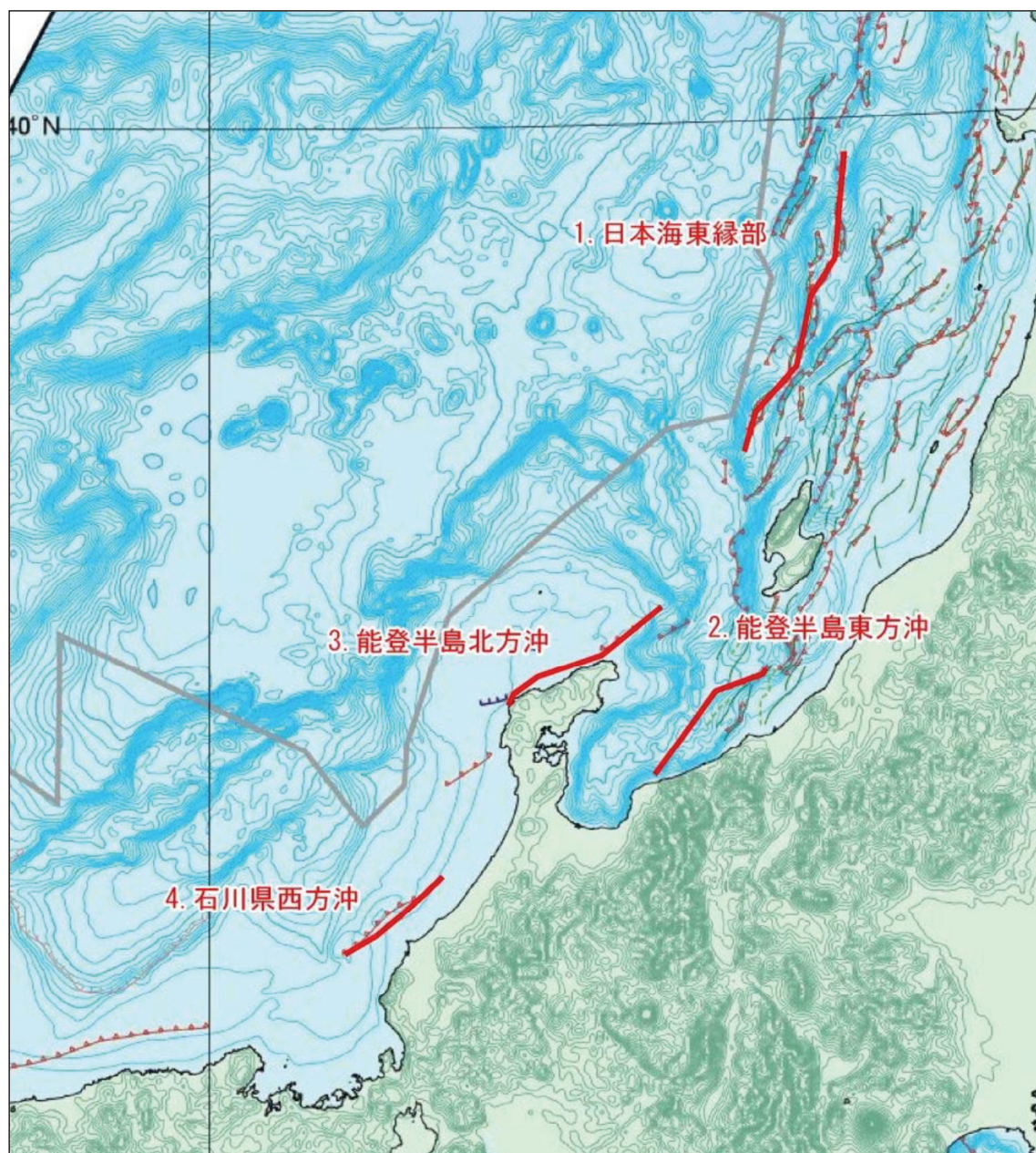


図-4.10 日本海側で想定する想定波源図<sup>8)</sup>

石川県では 4 つの想定波源を設定し津波解析を行い，最大津波高と津波到達時間を各市町村別に算出している．輪島市輪島地区の数値を表-4.4 に示すが，今回の研究に用いる津波想定到達時間は，最大津波高と

なる 1.日本海東縁部の数値を用いて 50 分とする．なお，3.能登半島北方沖の津波到達時間は 5 分と非常に速く到達するこから，この値を用いると避難時の課題等を把握することができないため，今回は用いないこととし今後の課題とすることにした．

表-4.4 輪島地区における波源緒元と結果概要

想定波源	1	2	3	4
	東縁部	東方沖	北方沖	西方沖
最大津波高	7.6 m	4.0 m	6.3 m	2.3 m
津波到達時間	50 分	42 分	5 分	53 分
想定モーメント マグニチュード	7.99	7.58	7.66	7.44
断層長(km)	167	82	95	65
断層幅(km)	17.32	17.32	17.32	17.32
地震モーメント(N・m)	1.22 E+21	2.95 E+20	3.89 E+20	1.82 E+20
すべり量(m)	12.01	5.94	6.76	4.62
傾斜角(度)	60	60	60	60
すべり角(度)	90	90	90	90

## 4.6 地震津波避難シミュレーション分析

### 4.6.1 地震津波避難シミュレーション分析概要

地震津波避難シミュレーションは，個人避難と家族避難に区分し，設計条件としては平日と週末，冬と冬以外に区分し，表-4.5，表-4.6 に

示す全10ケースにてシミュレーションを行う。

表-4.5 個人避難検討ケース

検討 CASE	条 件		観 光 客 数	地 域 住 民 数	合 計 避 難 者 数
CASE-1	平日昼	冬以外	2,063	10,412	12,475
CASE-2	平日昼	冬	2,063	10,412	12,475
CASE-3	週末夜	冬以外	698	12,338	13,036
CASE-4	週末夜	冬	698	12,338	13,036
CASE-5	週末昼	冬	4,126	12,338	16,464

表-4.6 家族避難検討ケース

検討 CASE	条 件		観 光 客 数	地 域 住 民 数	合 計 避 難 者 数
CASE-6	平日昼	冬以外	2,063	10,412	12,475
CASE-7	平日昼	冬	2,063	10,412	12,475
CASE-8	週末夜	冬以外	698	12,338	13,036
CASE-9	週末夜	冬	698	12,338	13,036
CASE-10	週末昼	冬	4,126	12,338	16,464

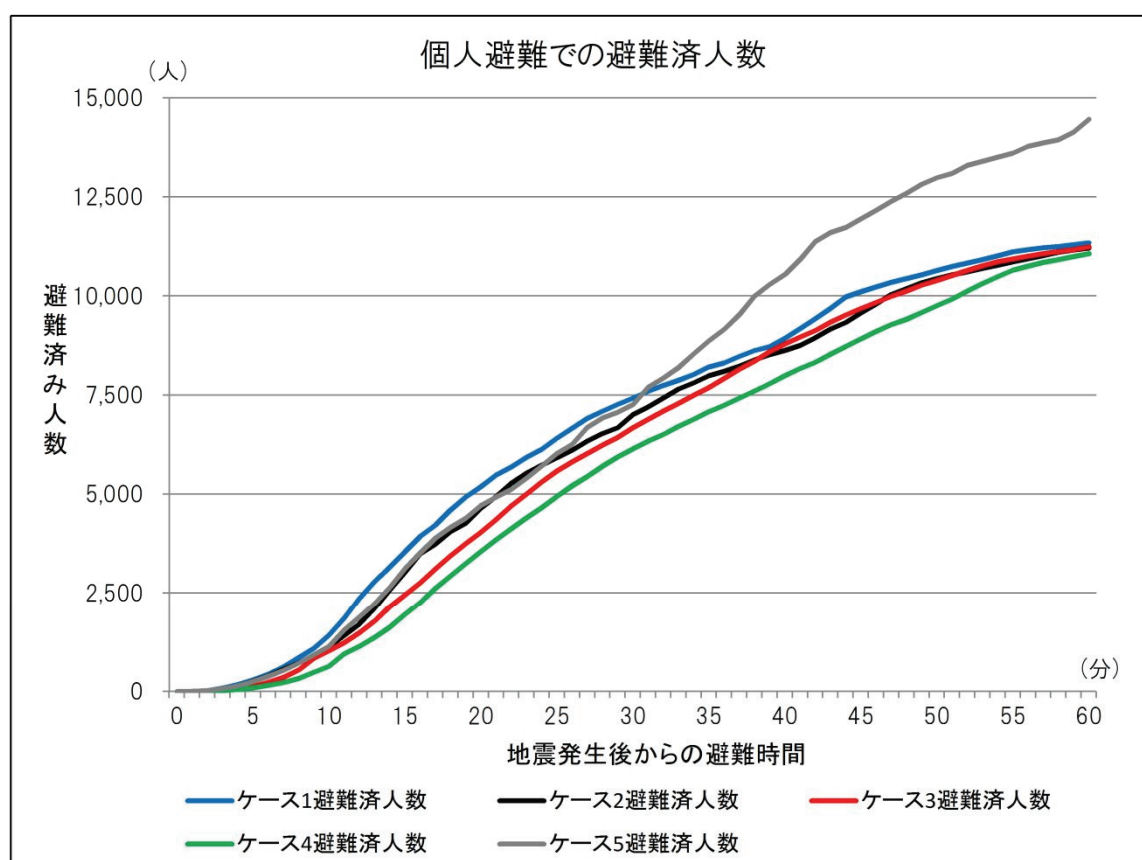
#### 4.6.2 個人避難シミュレーション分析結果

個人避難シミュレーション結果を図-4.11～図-4.13に示すが、津波到達時間の50分で最も避難できなかった人が多かったケースはケース5（週末・昼間・冬）となり、避難できなかった人は2,143人（13%）となった。なお、想定している時間帯は、週末の朝市に多くの観光客が滞在し、かつ家族の殆どが自宅に居る朝方8:00頃である。

ケース1（平日・昼間・冬以外）はケースの中で最も避難できなかった人が少ない結果となった。これは避難者総数が少ないことや学生が避難所となる学校に居たことが要因として挙げられる。ケース2（平日・昼間・冬）は冬の避難となり避難速度が遅くなるため、ケース1と比べ

て約50人程度避難できない人が増加した．ケース3（週末・夜間・冬以外）とケース4（週末・夜間・冬）はケース1とケース2と同じような傾向を示し，冬の方が避難できない人が増加した．ケース1（平日・昼間・冬以外）とケース3は（週末・夜間・冬以外）を比べると夜間が昼間より1.6倍程度の方が避難できない結果となった．

以上より，避難対象者が多いことや避難速度が低下する冬季は避難できない人が増加することが確認できた．これは渋滞が発生していることと避難所が偏っていることが要因として考えられることから，次項にてその要因を整理する．



ケース名	避難者数(人)			50分後の避難状況(人)			
	住民数	観光客	合計	避難済	浸水域内に存在		
					避難前	避難中	合計
ケース1(平日・昼間・冬以外)	10,412	2,063	12,475	10,646	491	447	938
ケース2(平日・昼間・冬)	10,412	2,063	12,475	10,442	485	599	1,084
ケース3(週末・夜間・冬以外)	12,338	698	13,036	10,442	605	977	1,582
ケース4(週末・夜間・冬)	12,338	698	13,036	9,757	615	1,093	1,708
ケース5(週末・昼間・冬)	12,338	4,126	16,464	12,986	608	1,535	2,143

図-4.11 個人避難シミュレーション結果

(1) ケース5（週末・昼間・冬）の結果概要

地震発生後50分で津波が到達するという設定で地震避難シミュレーションを行い、個人避難で最も避難できなかったケース5の結果概要を以下に示す。

a) 避難人数の内訳

津波浸水エリア内に住んでいる人で、避難開始していない人は608人(5%)となった。この数値は、野村らによる「輪島市臨港地域における地震津波災害に対する住民意識と地域防災力向上に関するアンケート調査,2012」<sup>7)</sup>により確認されている地震発生後に避難しないと答えている人の結果(11%)と近いことが確認できた。また、津波浸水エリア内における避難中の人は1,535人となった。

b) 避難所の収容率

各避難所の収容割合を図-4.12に示すが、高台に避難した人は(破線)5,384人(41.5%)、高台以外に避難した人(実線)は7,602人(58.5%)となった。高台の合計収容量は55,988人と多いことから、収容率としては小さく表現されてしまった。特に夕陽ヶ丘高台の収容量は30,000人と多いことから、収容割合は1.6%と小さく表示されている。

避難傾向を整理すると、近い避難所に避難することを基本条件として設定したため、市街地にある輪島地方合同庁舎(容量803人)は地震発生後15分で収容量を超え、鳳至公民館(容量562人)は25分で収容量を超えてた。この2箇所に避難できなかった人の殆どが天神山広場(容量2,094人)や鳳来山公園(容量10,123人)に向かっていることが確認できた。天神山広場や鳳来山公園に向かう避難路は共有しているエリアが多いことから渋滞が発生し避難者数の伸びが鈍化した。



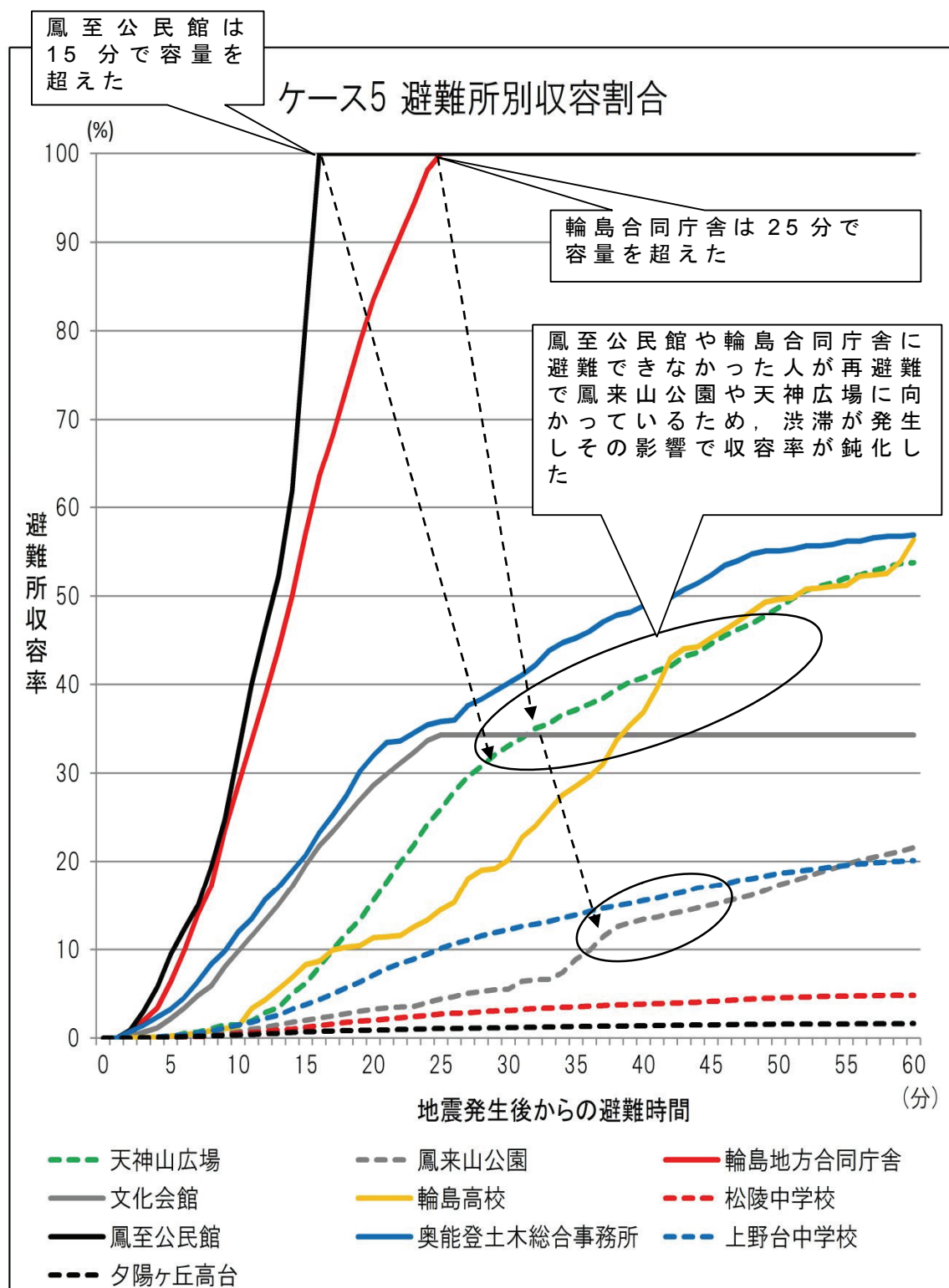


図-4.12 個人避難シミュレーション避難所収容割合

c) 渋滞しているエリア

渋滞エリア 3 か所の概要を図-4.13 に示す。

③-1：輪島合同庁舎や鳳至公民館に避難したが、収容できなかった避難者の殆どが天神山広場や鳳来山公園に向かったために避難路が渋滞した。

③-2：河井町周辺の観光エリアでは、小さなエリアに 4,126 人という観光客を配置したため、エリア密度が上昇した結果、観光客と地域住民の渋滞が輪島高校への避難中に発生した。

③-3：上野台中学校に向かう避難路が渋滞しているが津波浸水ライン外の為、特に問題はない。

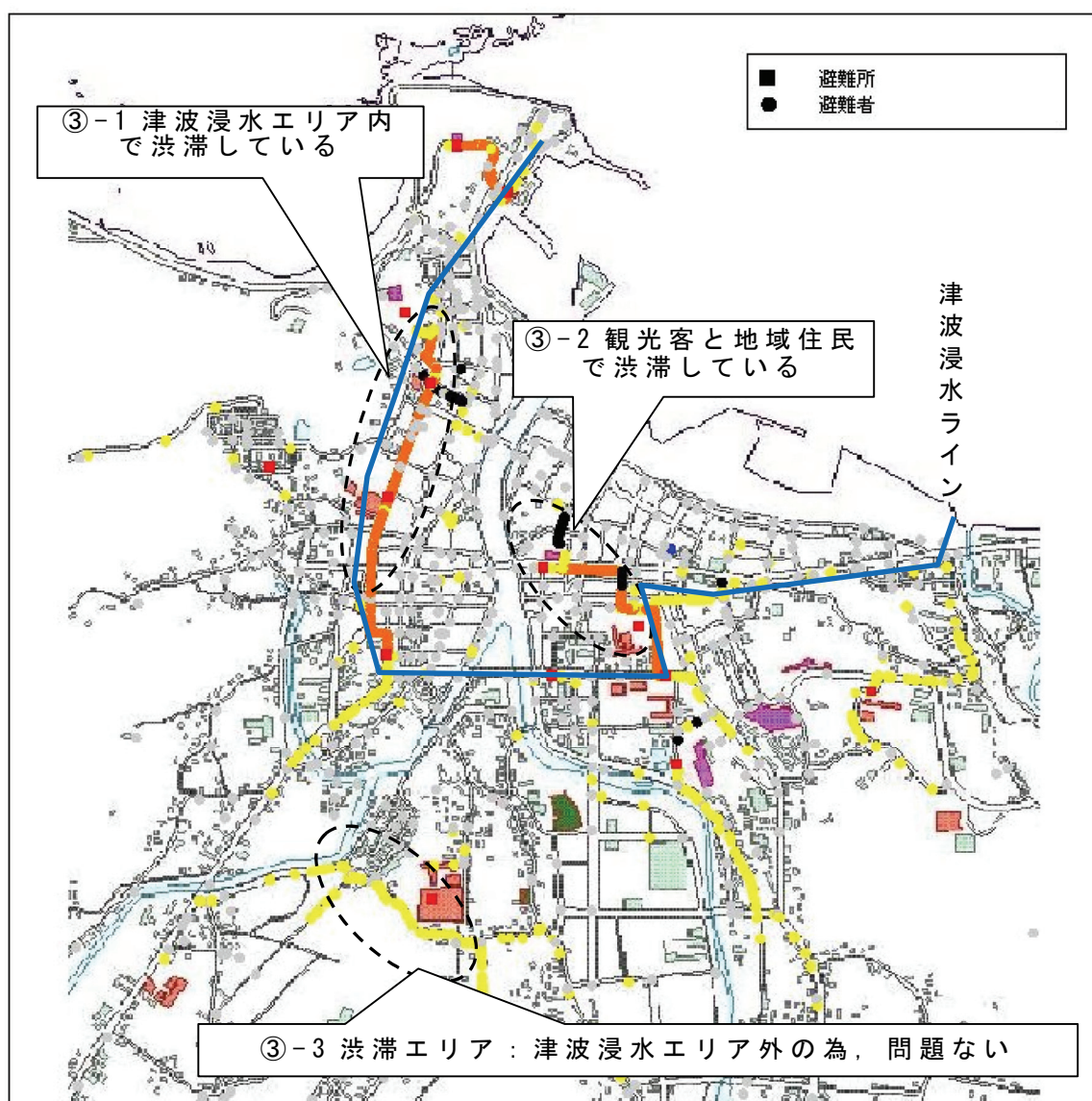


図-4.13 個人避難シミュレーション 50 分経過



## (2) 個人津波避難シミュレーション結果から見れる今後の課題

### a) 避難できなかった地域住民の対策

今回のシミュレーションでは地震津波が到達する 50 分までに避難開始できなかった人が 608 人 (5%) となった。既往のアンケート調査<sup>7)</sup>では、避難できないもしくは避難しないと考えている地域住民の殆どが年配者もしくは要介護者であり、この方々を如何にして早期に避難させるかということが今後の課題である。また、要介護者等の情報は個人情報保護法の壁もあることから、市と自主防災組織が一体となってサポート体制を整えることが必要だと考える。

### b) 避難所収容率の平準化

鳳来山公園に向かう途中で 50 分を超えた避難者の大半は、鳳至小学校→鳳至公民館→鳳来山公園の順に移動した避難者が多いことが確認できた。鳳至小学校から鳳至公民館と夕陽ヶ丘高台は、ほぼ同じ距離にあるが、若干ではあるが鳳至公民館が近いために、このような結果になった。対策としては、鳳至小学校に避難してきた人を夕陽ヶ丘高台に誘導し、鳳至公民館に避難してきた人を鳳来山公園に誘導する等の避難者の分散化による避難所の平準化が有効と考える。また、輪島合同庁舎へ収容できなかった人は山側の上野台中学校へ誘導することが有効と考える。

### c) 渋滞エリア対策

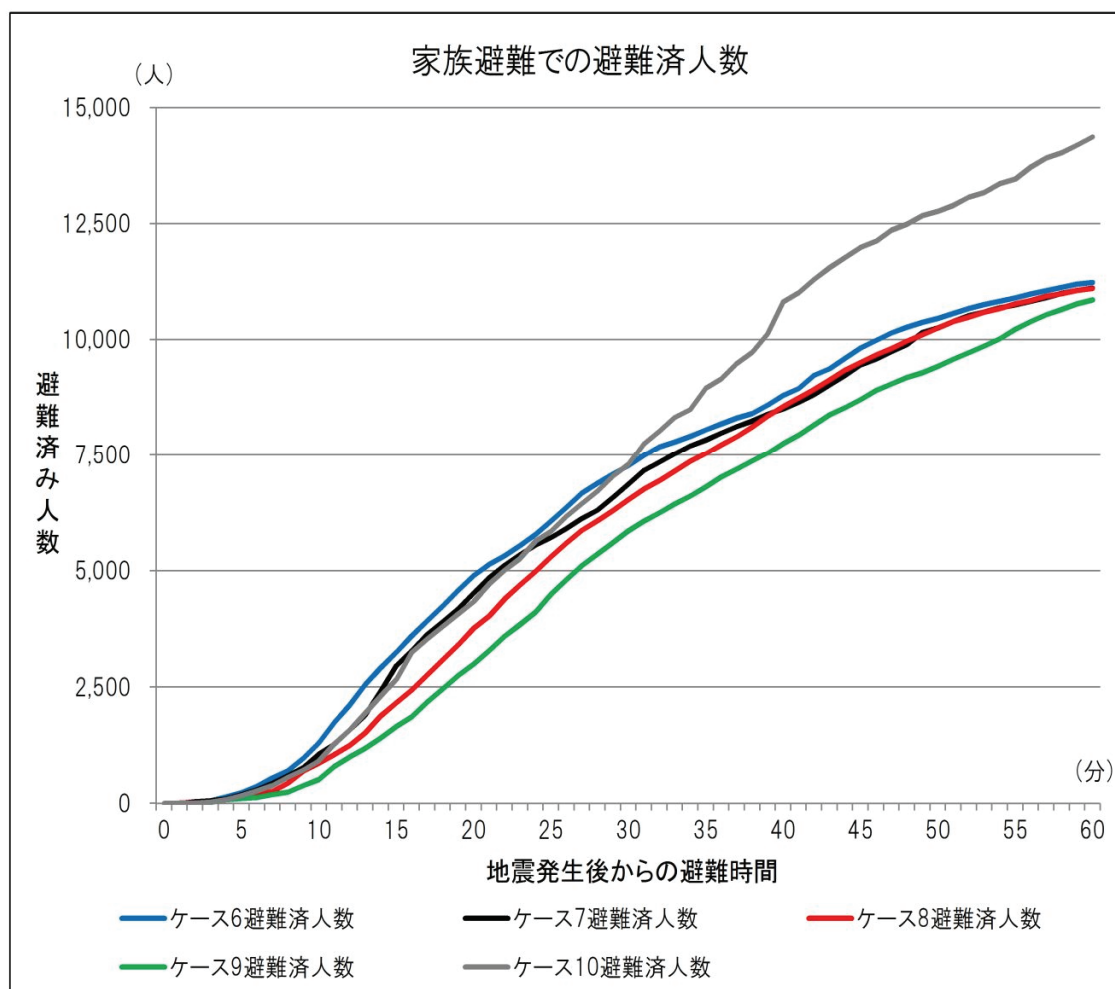
上野台中学校周辺に発生している渋滞は、津波浸水エリア外であり特に対策は必要ないと考え、鳳来山公園周辺の渋滞を緩和対策としては、鳳来山公園へ昇る為の階段の整備や、夕陽ヶ丘高台への分散化を促進する必要があると考える。また、避難路となっている細街路や急勾配の改善などのハザード整備(道路整備や家屋の耐震化等)を行うことも重要である。

## 4.6.3 家族避難シミュレーション分析結果

家族避難シミュレーション結果を図-4.14、図-4.15、図-4.16 に示すが、津波到達時間の 50 分で最も避難できなかった方が多かったケースは、ケース 10 (週末・昼間・冬) となり避難できなかった方は 2,024 人 (12.3%) となった。避難シミュレーションの結果としては個人避難と家族避難では、若干ではあるが家族避難の方が避難できる結果となったが、その差は僅かであり、その理由を以下に示す。

個人避難時は避難速度の速い人が近くの避難所に避難できた割合が多く、避難速度の遅い人(高齢者等)は遠方の避難所に避難している割合

が多いことが確認できた。しかし、家族避難時は避難速度は落ちるが殆どの家族避難速度は似ていることから、近い避難所にも高齢者が避難できる割合が多かったことや、避難速度が似ているため個人避難と比べて渋滞発生が若干緩和されたことなども要因として挙げられるが、その差は僅かとなった。



ケース名	避難者数(人)			50分後の避難状況(人)			
	住民数	観光客	合計	避難済	浸水域内に存在		
					避難前	避難中	合計
ケース6(平日・昼間・冬以外)	10,412	2,063	12,475	10,457	563	536	1,099
ケース7(平日・昼間・冬)	10,412	2,063	12,475	10,257	486	701	1,187
ケース8(週末・夜間・冬以外)	12,338	698	13,036	10,254	601	1,104	1,705
ケース9(週末・夜間・冬)	12,338	698	13,036	9,426	651	1,211	1,862
ケース10(週末・昼間・冬)	12,338	4,126	16,464	12,766	585	1,439	2,024

図-4.14 家族避難シミュレーション結果

(1) ケース 10 (週末・昼間・冬) の結果概要

地震発生後 50 分で津波が到達するという設定で地震避難シミュレーションを行い、家族避難で最も避難できなかったケース 10 の結果概要を以下に示す。

a) 避難人数の内訳

津波浸水エリア内に住んでいる方で、避難開始していない方は 585 人 (5%) となり、個人避難シミュレーション結果と同様な結果となった。また、津波浸水エリア内における避難中の方は 1,439 人となり、個人避難シミュレーション結果と同様な結果となった。

b) 避難所の収容率

各避難所の収容割合を図-4.15 に示すが、基本的な傾向は個人避難と同様である。高台に避難した人(破線)は 5,273 人(41.1%)となり、高台以外に避難した人(実線)は 7,493 人(58.9%)となり、個人避難シミュレーションと同様な結果となった。高台の合計収容量は 55,988 人と多いことから、収容率としては小さく表現されてしまった。

避難傾向を整理すると、近い避難所に避難することを基本条件として設定したため、市街地にある輪島地方合同庁舎(容量 803 人)は地震発生後 16 分で収容量を超え、鳳至公民館(容量 562 人)は 28 分で収容量を超えた。この 2 箇所に避難できなかった人の殆どが天神山広場(容量 2,094 人)や鳳来山公園(容量 10,123 人)に向かっていることが確認できた。天神山広場や鳳来山公園に向かう避難路は共有しているエリアが多いことから渋滞が発生し避難者数の伸びが鈍化した。

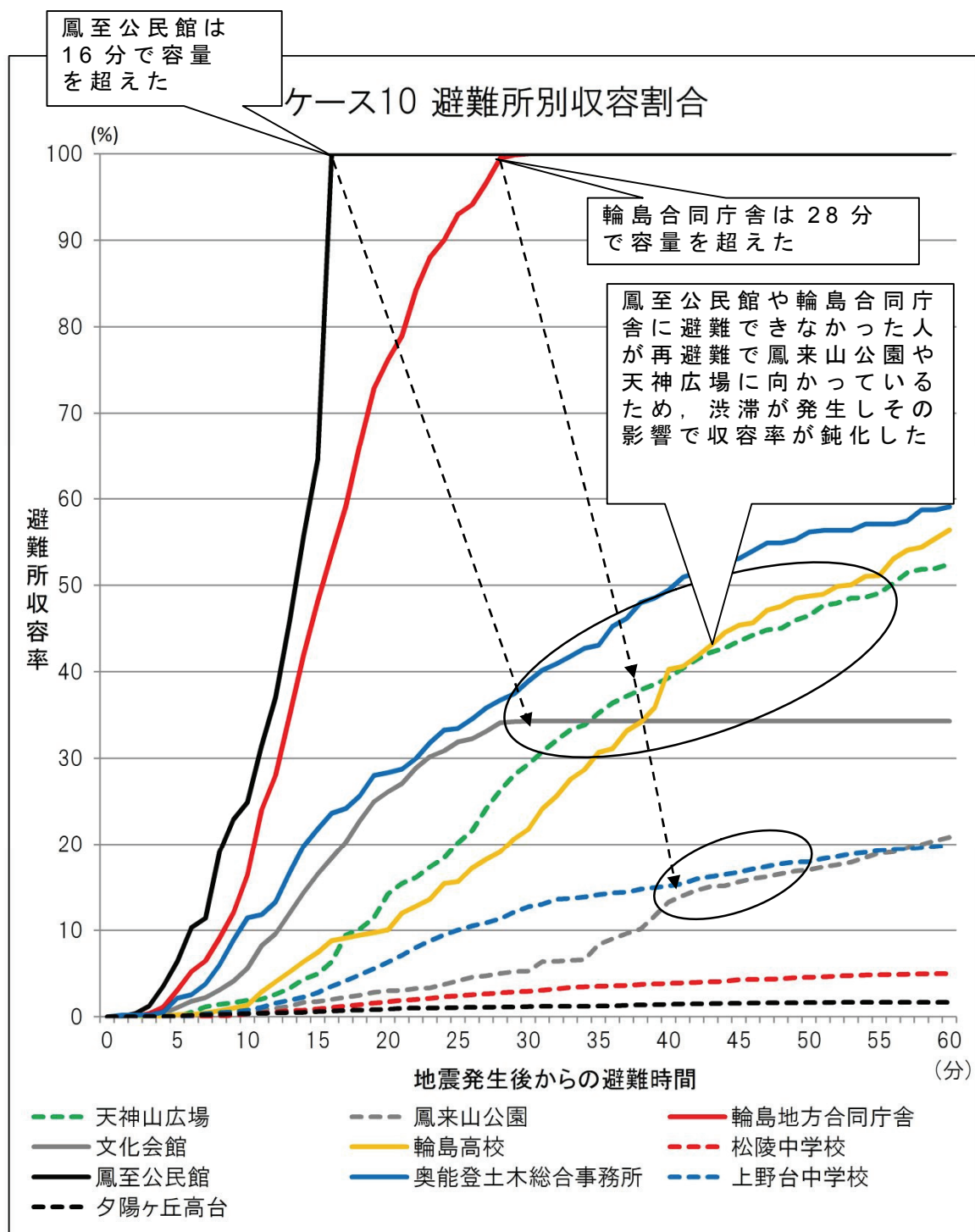


図-4.15 家族避難シミュレーション避難所収容割合

c) 渋滞しているエリア

渋滞エリア3か所の概要を図-4.16に示すが、個人避難シミュレーションと同様な結果となった。

③-1：輪島合同庁舎や鳳至公民館に避難したが、収容できなかった避難者の殆どが、鳳来山公園に向かった為に避難路が渋滞した。

③-2：河井町周辺の観光エリアでは、小さなエリアに4,126人という観光客を配置したためエリア密度が上昇した結果、観光客と地域住民の渋滞が輪島高校への避難中に発生した。

③-3：上野台中学校に向かう避難路が渋滞しているが津波浸水ライン外のため、特に問題はない。

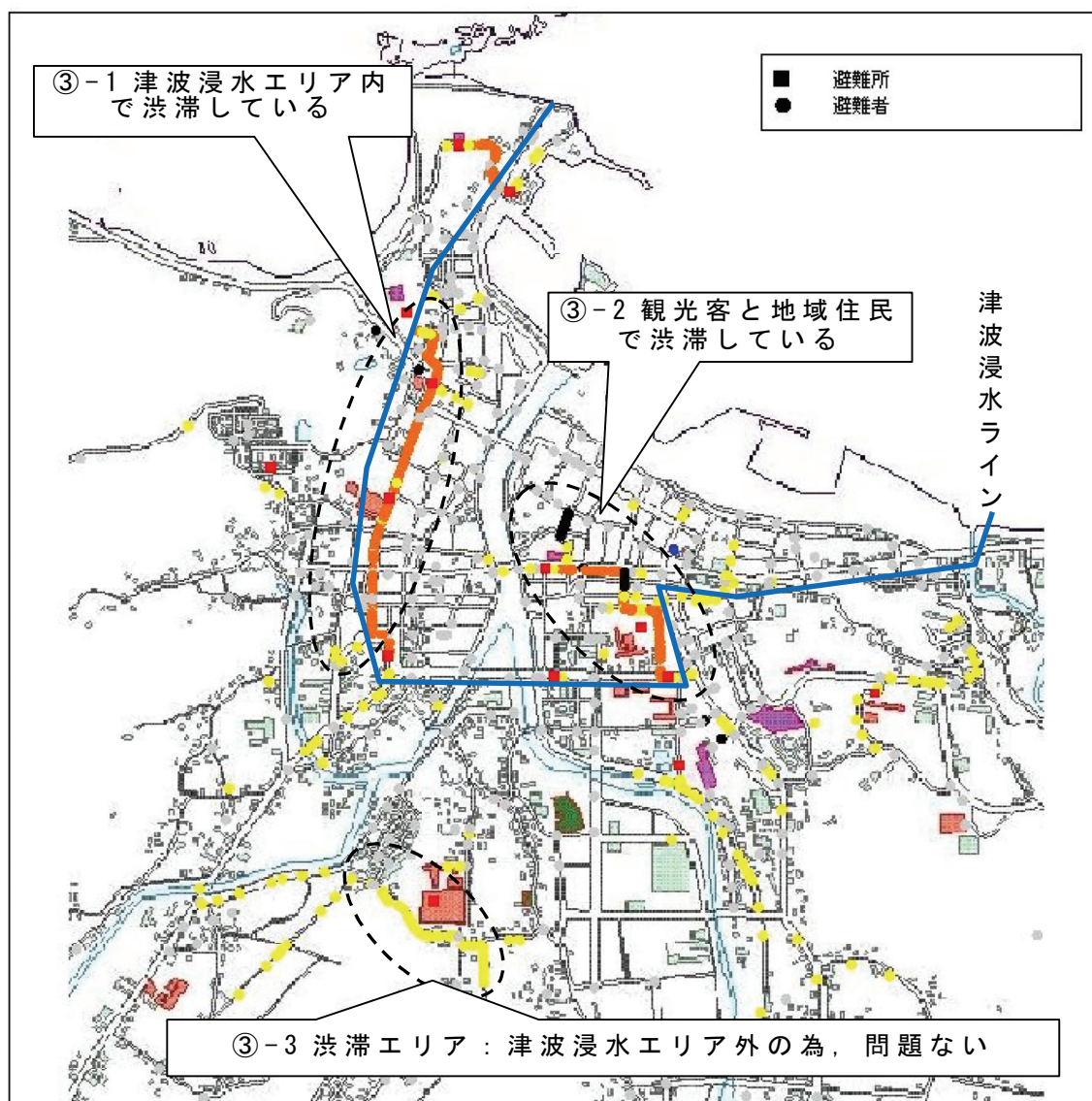


図-4.16 家族避難シミュレーション 50 分経過

## (2) 津波避難シミュレーション結果から見える今後の課題

- a) 避難できなかった地域住民の対策
- b) 避難所収容率の平準化
- c) 渋滞エリア対策

上記 a)～c)については、個人避難シミュレーション結果と同様な結果となることが確認できた。

### 4.6.4 避難シミュレーション結果に基づく改良

個人及び家族避難シミュレーション結果より得られた課題を改良した場合の避難シミュレーションを実施し、防災意識や行動の効果について検証を行う。

#### (1) 避難開始時間の改良

表-4.7 に示すように、当初設定値は東日本大震災を基に避難開始時間を設定していたが、避難開始時間というパラメーターが避難に与える影響を把握するために、改良値として避難開始時間を当初設定値の 1/2 に短縮して避難開始時間を早めた場合の検証を行う。

表-4.7 避難開始時間

避難開始率	当初設定値	改良値
15 %	5 分	2.5 分
50 %	15 分	7.5 分
90 %	30 分	15 分
100 %	90 分	45 分

#### (2) 避難所の誘導改良

個人及び家族避難シミュレーション結果より、収容人数を超えた避難所は、輪島地方合同庁舎(5)と鳳至公民館(10)の 2 箇所となり、鳳来山公園に再避難する際に渋滞を起こしていることが確認できたことから、避難者を分散させるように誘導した場合の検証を行う。

当初避難は、最も近い避難所に避難する設定としていたため、海に向かって避難するルートが幾つか存在し、渋滞を発生させていたことを踏まえて、以下の図-4.17 に示す 3 つの誘導改善を行う。

輪島地方合同庁舎(5)→鳳至公民館(10)→鳳来山公園(3)という避難ル



ートを輪島地方合同庁舎(5)→上野台中学校(12)に誘導する計画に改善する。上野台中学校は山側かつ津波想定浸水エリア外に位置する避難所である。

鳳至公民館(10)→鳳来山公園(3)という避難ルートも同様に鳳至公民館(10)→夕陽ヶ丘高台(101)に誘導する計画に変更する。

鳳至小学校(4)→鳳至公民館(10)→鳳来山公園(3)という避難ルートも同様に鳳至小学校(4)→夕陽ヶ丘高台(101)に誘導する計画に変更する。

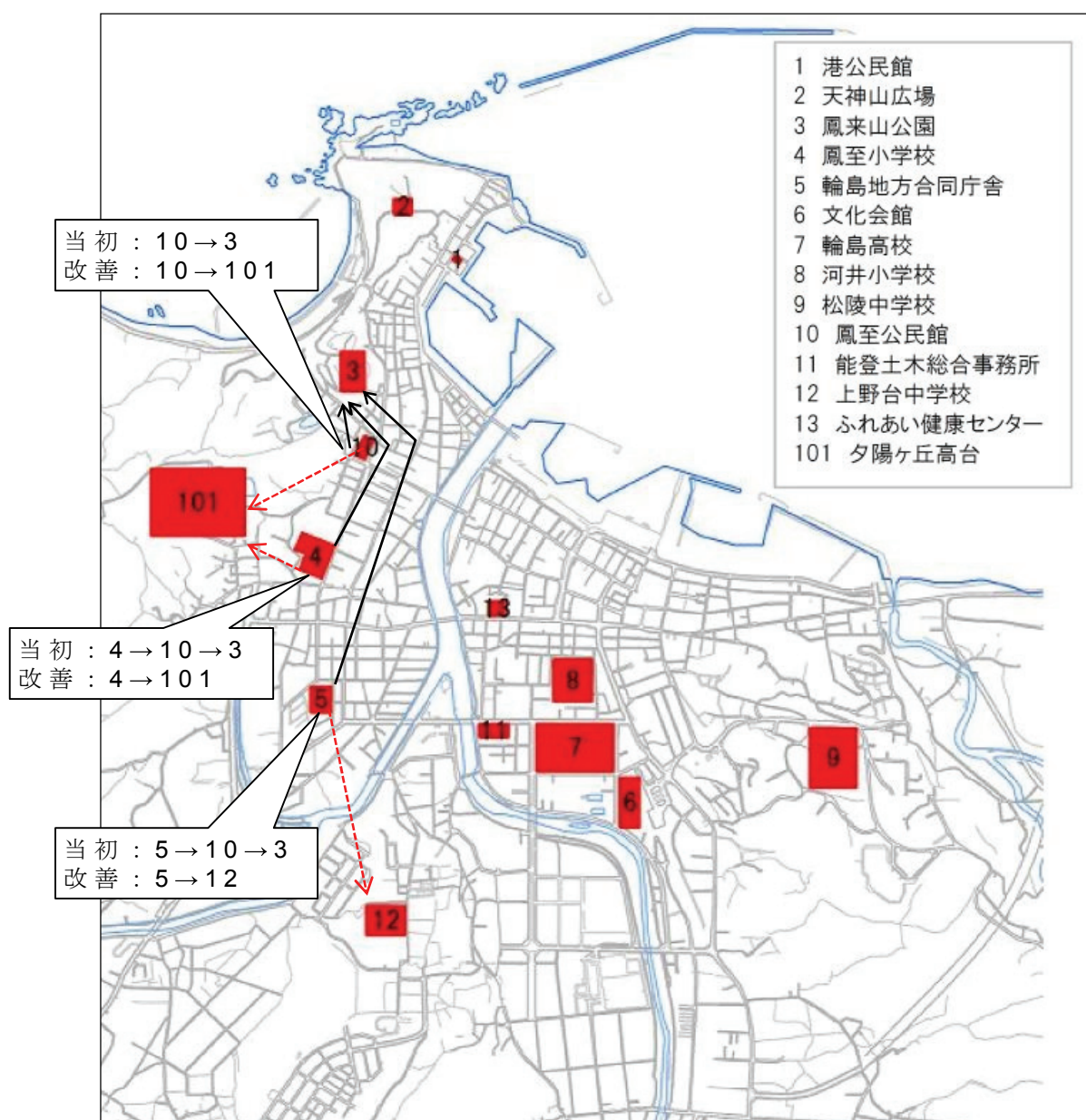


図-4.17 避難経路改善



### (3) 避難所の開設

避難シミュレーションでは、週末の朝方という設定のため、学校施設の中には入ることができない設定としているが、図-4.18 に示す鳳至小学校(番号4・収容人数433人)や河井小学校(番号8・収容人数583人)などの施設内に入ることができるという設定に計画を変更する。対応としては非常ボタンを押すことでセキュリティーボックスが開き校舎のカギが手に入るという設定とした。

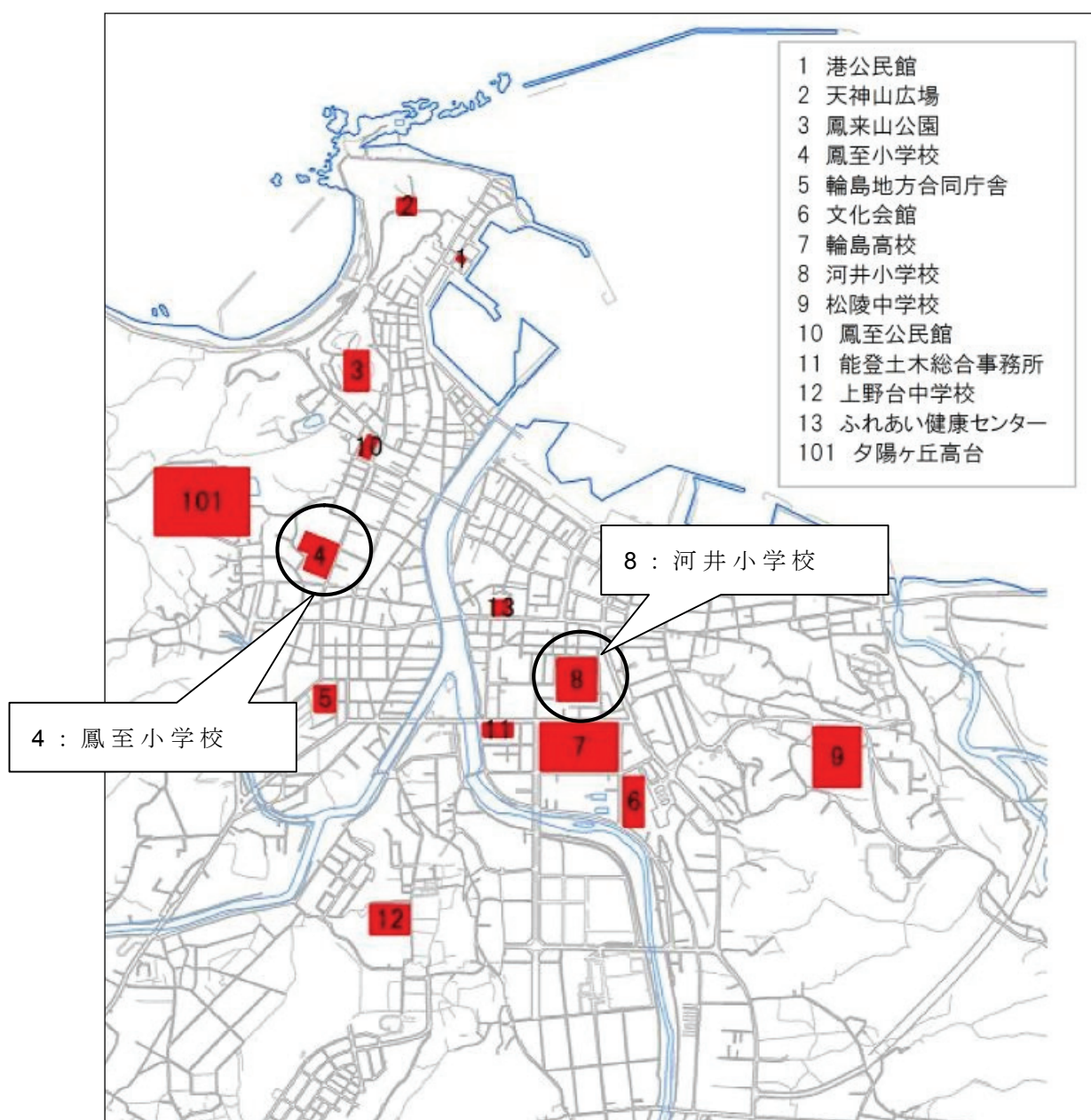


図-4.18 避難所の追加開設

#### (4) 避難シミュレーション改良ケースの整理

- ・改良案 1：避難開始時間のみを改良(①)した案
- ・改良案 2：①+避難所誘導を改良(②)した案
- ・改良案 3：①+避難所の開設(③)した案
- ・改良案 4：①+②+③の対策を講じた案

以上の 4 ケースについて改良案の有効性について検討を行う。

#### (5) 避難シミュレーションの改良検討結果

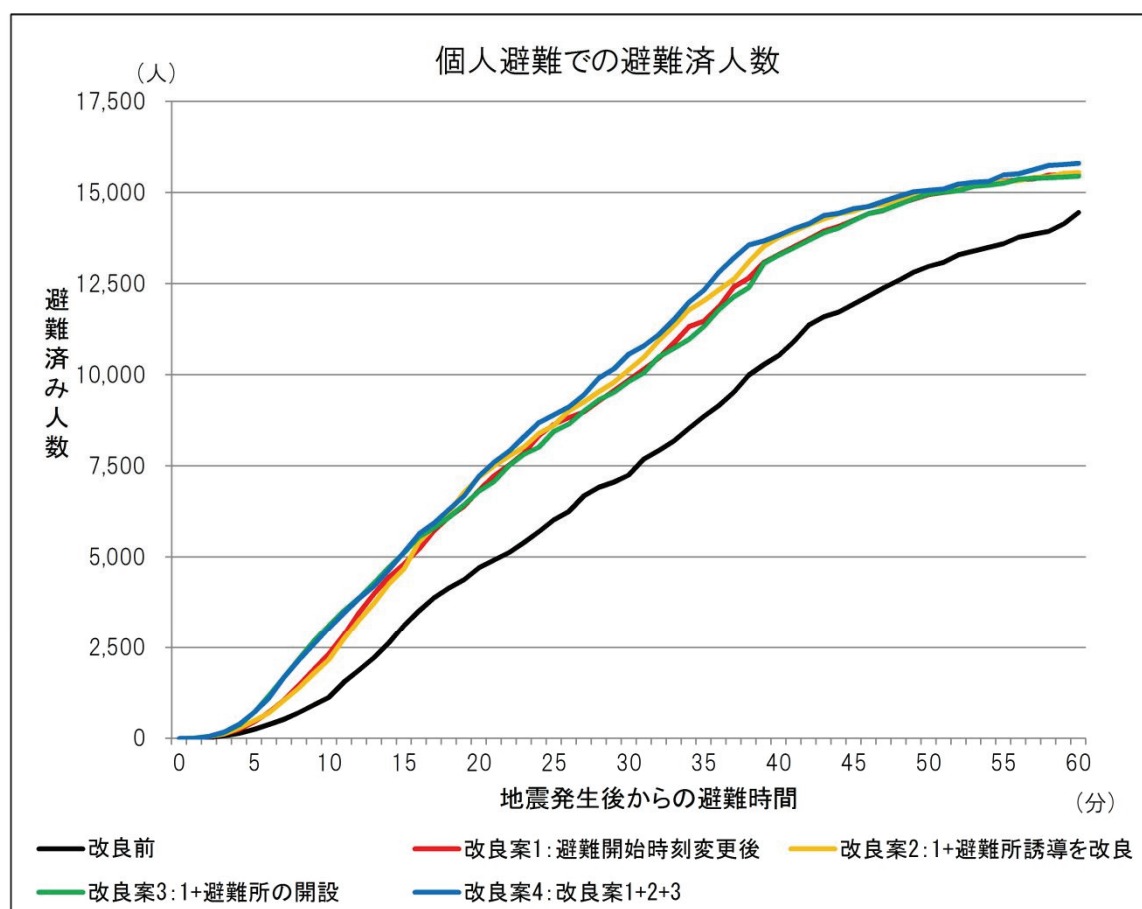
避難シミュレーション結果を図-4.19 から図-4.22 に示すが、避難開始時間を 1/2 に短縮したことから改良前では地震発生後 50 分で 608 人の方が避難開始前という状況であったが、全ての方が避難を開始している状況となった。

##### a) 個人避難シミュレーション結果.

個人避難では、避難時間を早めた改良案 1 で改良前と比べて約 1,000 人の住民が避難することができた。改良案 2 の避難所誘導効果は、改良案 1 と比べて 27 人が多く避難することができたが、その効果は少ないことが確認できた。改良案 3 の避難所開設効果は、改良案 1 と殆ど変わらない結果となった。この要因は、新しく開設した避難所の容量が 1,016 人と少なく、早い時間で容量を超えたため次の避難所への再避難という形になり移動距離が延びたことが要因であった。改良案 4 は全ての対策を講じていることから最も避難できなかった人を少なくすることができ、改良前と比べて、1,250 人の住民が避難することができ、最終的には改良前は 13.0%であった時間内に避難できなかった割合が 5.4%まで低減することができた。

以上より、最も有効な改良対策は避難開始時間を短縮することであった。改良案 2 では、改良前より 608 人の住民が避難者として追加されたことによる渋滞悪化（マイナス面）と避難者誘導による渋滞緩和対策（プラス面）が打ち消しあう結果となったことから、避難誘導だけでは効果が薄いことが確認できた。改良案 3 も改良案 2 と同様な結果となった。全ての対策案を講じた改良案 4 は避難誘導と避難所開設の相乗効果が大きいことを確認することができた。これらのことをまとめると、津波避難は避難開始時間の短縮化が大きな要因であり、それを補完する要因として避難誘導や避難所の配置計画となることを今回のシミュレーションで確認することができた。最も有効な改良対策となった改良案 4 の概要について次項に示す。

避難開始時間の変更による効果としては避難所容量を超えるまでに要した時間が短縮された。具体的には輪島地方合同庁舎が25分→17分と8分短縮した。追加した2件の避難所は8分から12分で容量を超えていることから、市街地内に避難所を開設することの効果を確認することができた。また、避難誘導の効果として、上野台中学校の避難収容割合が19%→28%に上昇し、鳳来山公園の避難収容割合は18%→7%に減少したことから、避難誘導が渋滞改善に効果があったことを確認できた。



ケース5(週末・昼間・冬)	避難者数(人)			50分後の避難状況(人)			
	住民数	観光客	合計	避難済	浸水域内に存在		
					避難前	避難中	合計
改良前	12,338	4,126	16,464	12,986	608	1,535	2,143
改良案1:避難開始時刻変更後	12,338	4,126	16,464	14,953	0	1,110	1,110
改良案2:1+避難所誘導を改良	12,338	4,126	16,464	15,070	0	1,083	1,083
改良案3:1+避難所の開設	12,338	4,126	16,464	14,971	0	1,112	1,112
改良案4:改良案1+2+3	12,338	4,126	16,464	15,073	0	893	893

図-4.19 個人避難シミュレーション改良結果

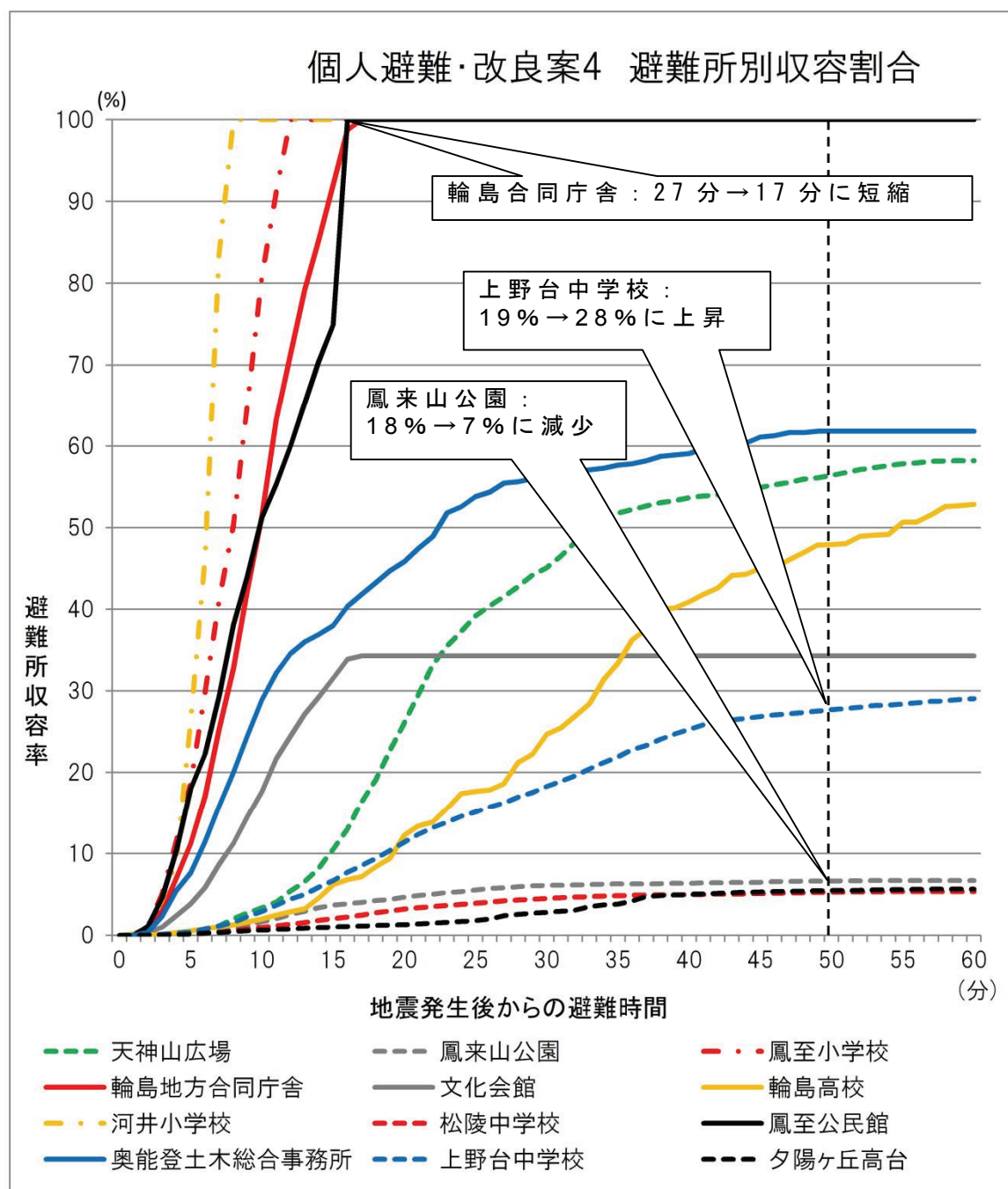


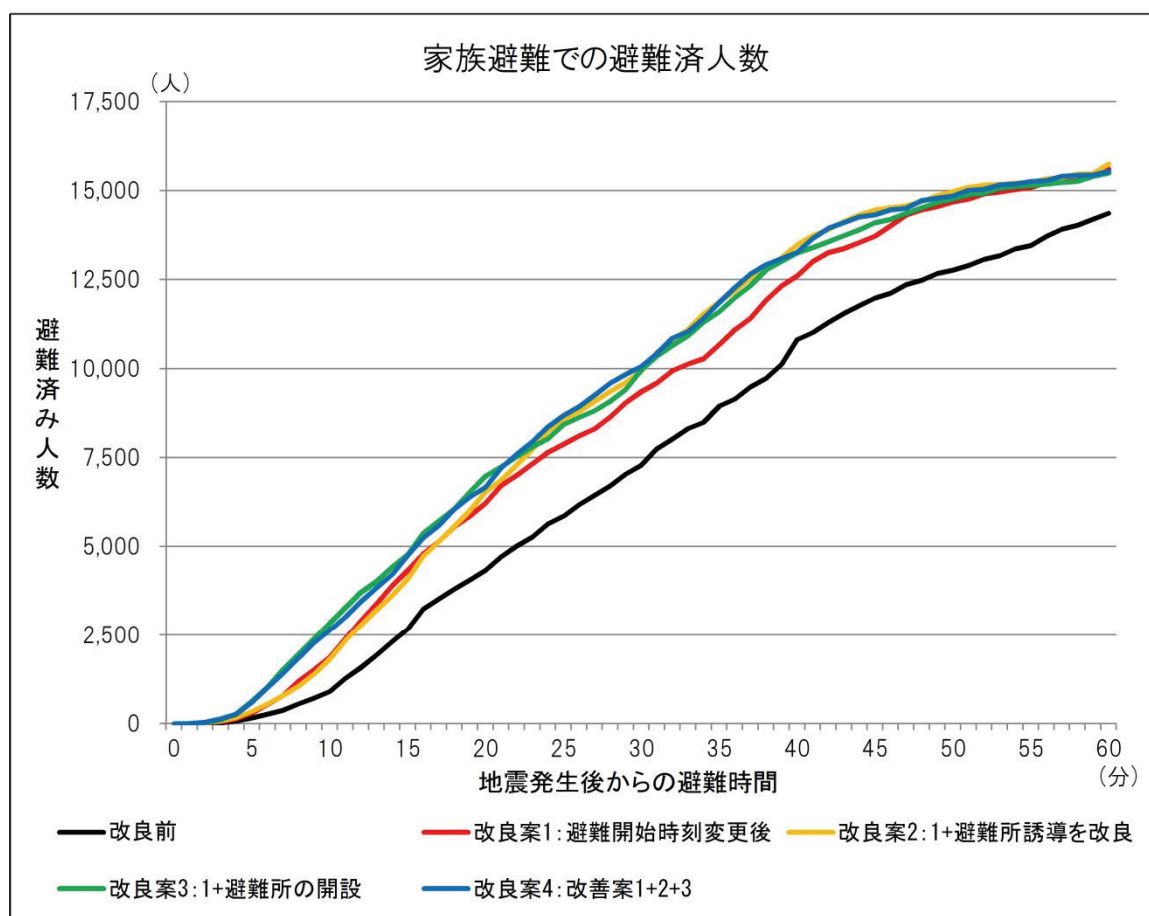
図-4.20 個人避難シミュレーション改良案4 避難所収容割合

#### b) 家族避難シミュレーション結果

家族避難では，個人避難と同様な傾向が確認できたが，避難時間を早めた改良案1で改良案1と比べて更に731人の住民が避難することができた．改良案2の避難所誘導効果は，改良前と比べて155人が多く避難することができたが，その効果は10%程度となることが確認でき



た．改良案 3 の避難所開設効果は，改良案 1 と殆ど変らない結果となった．この要因は，新しく開設した避難所容量の合計が 1,016 人と少なく，早い時間で容量を超えたため次の避難所への再避難という形になり移動距離が延びたことが要因であった．改良案 4 は全ての対策を講じていることから最も避難できなかった人を少なくすることができ，改良前と比べて，911 人が避難することができ，最終的には改良前は 12.3% であった被災率が 6.7% まで低減することができた．また，全体的な傾向は個人避難シミュレーション結果と同様であった．



ケース10(週末・昼間・冬)	避難者数(人)			50分後の避難状況(人)			
	住民数	観光客	合計	避難済	浸水域内に存在		
					避難前	避難中	合計
改良前	12,338	4,126	16,464	12,766	585	1,439	2,024
改良案1: 避難開始時刻変更後	12,338	4,126	16,464	14,692	0	1,293	1,293
改良案2: 1+避難所誘導を改良	12,338	4,126	16,464	14,971	0	1,138	1,138
改良案3: 1+避難所の開設	12,338	4,126	16,464	14,762	0	1,220	1,220
改良案4: 改良案1+2+3	12,338	4,126	16,464	14,850	0	1,113	1,113

図-4.21 家族避難シミュレーション改良結果

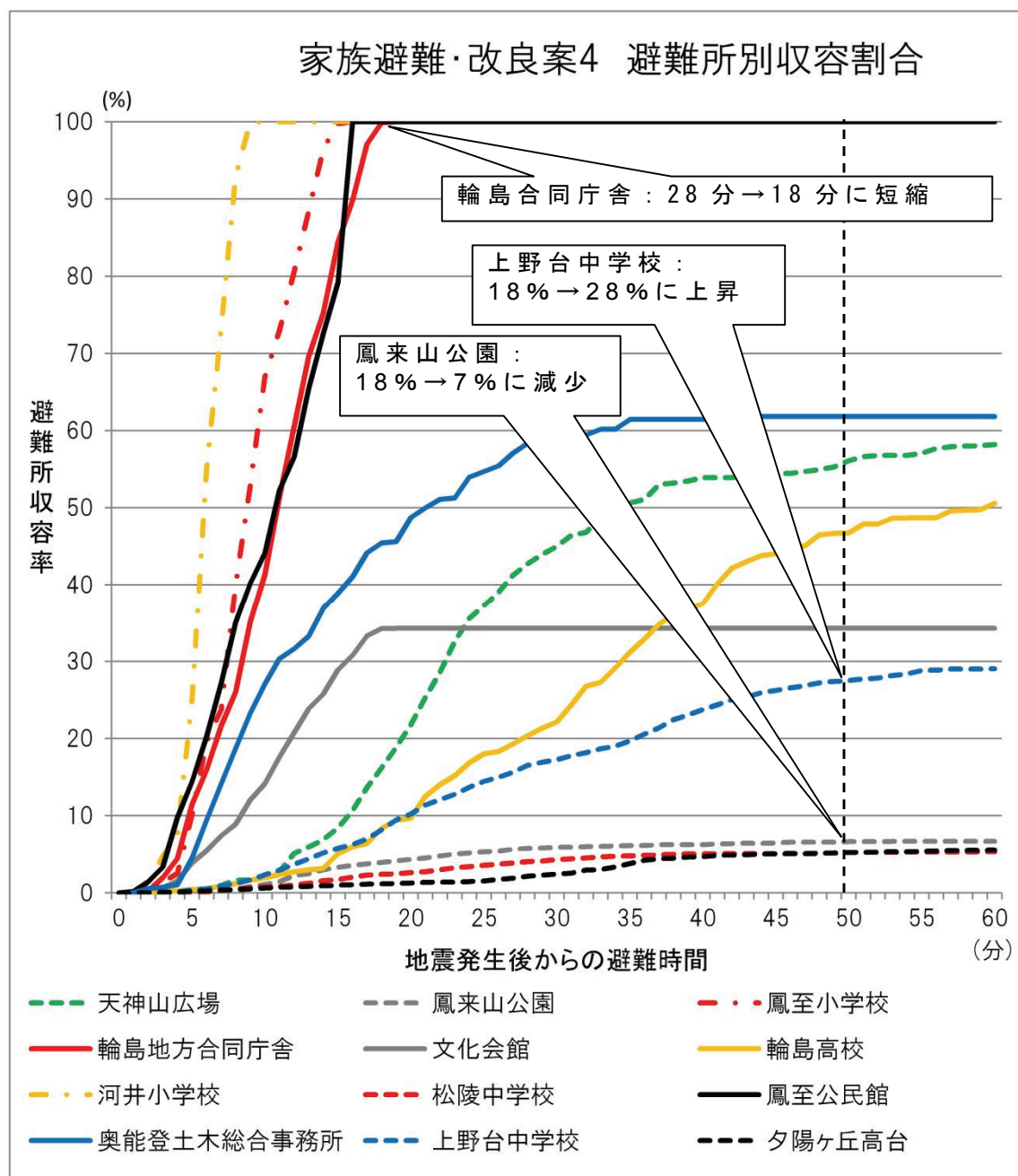


図-4.22 家族避難シミュレーション改良案4 避難所収容割合

## 4.7 まとめ

本章では、2007年能登半島地震を経験した輪島地区の住民を対象として、輪島市が保有するGISデータを有効に利活用し、エージェントの行動条件をシンプルかつ高い防災意識という設定でマルチエージェントシステムを用いた地震津波避難シミュレーションを行い、その有効性に関して基礎的研究を行った。その結果、以下に示す3点の新しい点を明らかにすることができた。

### (1) 輪島市が保有するGISデータの有効活用

輪島市が保有するGISデータを有効に活用して、マルチエージェントシステムに取り込むことができた。輪島市が保有するデータは、全国の市町村も保有している一般的なデータであり、特殊なデータではないことから、多くの市町村において簡易的なマルチエージェントシステムにより地震津波避難シミュレーションを行うことができるということが確認できた。しかし、統合GIS化を行うあたり、統一ルールの設定は非常に重要であることも浮き彫りになった。

### (2) 避難シミュレーションのまとめ

渋滞エリアと避難場所のアンバランスをシミュレーションで把握することができた。今までは、公的な施設を避難所に配置することが多く、適正な配置を確認することはできなかったが、今回のシミュレーションを行ったことで、避難所のアンバランスを明確にすることができた。

### (3) 改善計画避難シミュレーションのまとめ

より多くの方を避難させるために最も影響のある要因は、「避難開始時間を早める」ことであることを把握することができた。また、避難所誘導や避難所の再配置を行うことで相乗効果による避難者数増加を確認することもできた。しかし、避難開始時間を東日本大震災の1/2に短縮するためには地域住民の防災意識を高めることが必要となるが、その短縮方法については今後の課題とする。



## 第4章の参考文献

- 1) 高知県海洋局漁港課：漁村における津波対策基本方針, pp.5-23, 2005
- 2) Willis et al, Human movement behavior in urban spaces, Environment and Planning B, Planning and Design 31, pp.805-828, 2004.
- 3) 津波対策推進マニュアル検討委員会：津波対策マニュアル検討報告書, pp38, 2002.
- 4) 北海道建築指導センター：センターレポート通巻第 166 号秋号, pp.2-5, 2008.
- 5) 兼田敏之：artisoc ではじめる歩行者エージェントシミュレーション, 構造計画研究所, pp.55-58, 2010.
- 6) 国土交通省都市局：津波被災市街地復興手法検討調査（とりまとめ）, pp3-10-3-12, 2012.
- 7) 国土交通省国土技術政策総合研究所, STA テクノロジー・ショーケース, pp.61, 2013.
- 8) 野村尚樹, 宮島昌克, 山岸宣智, 藤原朱里：アンケート調査に基づく輪島市臨港地域における地震津波災害に対する住民意識と地域防災力向上に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A1（構造・地震工学）, Vol.69, No.4, pp.I\_1002-I\_1012, 2013.
- 9) 石川県：平成 23 年度石川県津波浸水想定調査概要版, pp13-24, 2011.

# 第 5 章 結 論

## 第5章 結 論

### 5.1 はじめに

地域防災力向上には、①円滑な避難行動のための体制整備とルールづくり、②避難場所・避難路等の適切な選定、③地震・津波に強いまちづくり、④防災意識の向上、⑤地域コミュニティとの連携、⑥自助・共助の促進などがあるが、地方都市においては過疎化や地域コミュニティの高齢化や防災専門家不足していることから、ソフト対策が進まない要因となっていることも事実である。そこで本研究では、輪島市輪島地区を対象とし地域防災力向上について検討することを目的とし、リスクコミュニケーション手法を用いて地震津波避難シミュレーションの適用に関する検討を行った。

本研究論文のまとめを以下に示す。

### 5.2 本研究論文から得られた知見

#### 5.2.1 地震津波災害に対する住民意識分析より得られた知見

能登半島地震を経験し東日本大震災の大惨事を踏まえた上で、地震による津波に着目したアンケート調査を輪島市臨港地域周辺で行ったことにより、以下に示す3点の新しい点を明らかにすることができた。

1点目は、学生の冊子認識率が地域住民と比べて1/6以下と非常に低いことや、避難所の認識、想定津波浸水エリアの認識などが、地域住民や公務員と比べて低いことが把握できた。これは、今後の地域防災を担う若い世代の地域防災力向上を研究する上でも重要な項目である。

2点目は、地域防災教育を担う教員の冊子保有率が、地域住民の1/2程度という現状を新たに把握することができた。今まで一般的には、防災教育を担っている教員の防災意識は高いと思われていたが、教員は教育の専門家であり防災の専門家ではないことから、教える側の防災意識改革が必要であることを明らかにすることができ、今後の防災教育を考える上で重要な項目を把握することができた。

3点目は、海に接する町会の避難所に関する認識であるが、冊子を認識した上で町会独自の防災活動を行っている町会の存在を把握することができた。このことから、今後は町会単位の防災意識に関する追加調査の必要性

を把握することができた。

### 5.2.2 ワークショップ手法を用いたリスクコミュニケーション分析 より得られた知見

本研究論文では、2007年能登半島地震を経験した輪島地区の住民を対象としたワークショップを通じて、地域における脆弱性を抽出し、正しく認知し、それらについて地域住民と専門家（行政や研究者）が、双方向的なリスクコミュニケーションを行うことで、以下に示す2点の新しい点を明らかにすることができた。

1点目は、T-DIGを用いたワークショップにて、地域の持つ脆弱性を抽出し、更にフィールド調査を行うことで脆弱性を正しく認知し、T-DIGを再検討及び再評価することで内容の充実化が図られた結果、住民の意識は「公助」中心から「自助・共助・公助」に移行し各項目に区分された。また、防災意識の変化を確認することができ、更に議論を進めることで、公助中心であった地域住民の意識が共助や自助へ変化していく過程を確認することができた。

2点目は、輪島地区で事前に行ったアンケート調査結果では、輪島市防災マニュアルの認知率と防災意識の関係を整理し、防災教育の在り方について提案したが、ワークショップでは地域防災力を向上させる方策としてより具体的にソフト部門の防災教育とハード部門の各種整備に関する住民意識を明確にすることができた。また、その方策は公助が主体ではあるが、自助や共助の視点で地域住民から提案していこうという姿勢も確認することができた。

以上より、地域防災力を向上するために必要な基礎的知識の向上策としてのT-DIGやフィールド調査の有効性を確認することができた。また、T-DIGやフィールド調査を行うことで地域住民と専門家（行政や研究者）が、地域の脆弱性であるリスクを正しく認識し、更にそのリスクについて両者が双方向的なコミュニケーションをとることで住民意識が変化することが確認できた。

### 5.2.3 マルチエージェントシステムを用いた地震津波避難シミュレーション分析から得られた知見

2007年能登半島地震を経験した輪島市臨港地域周辺の住民を対象として、輪島市が保有するGISデータを有効に利活用し、エージェントの行動条件をシンプルかつ高い防災意識という設定でマルチエージェントシステムを用いた地震津波避難シミュレーションを行い、その有効性に関して基礎的研究

を行った。その結果、以下に示す3点の新しい点を明らかにすることができた。

1点目は、輪島市が保有するGISデータを有効に活用して、マルチエージェントシステムに取り込むことができた。輪島市が保有するデータは、全国の市町村も保有している一般的なデータであり、特殊なデータではないことから、多くの市町村において簡易的なマルチエージェントシステムにより地震津波避難シミュレーションを行うことができるということが確認できた。しかし、統合GIS化を行うあたり、統一ルールの設定は非常に重要であることも浮き彫りになった。

2点目は、渋滞エリアと避難場所のアンバランスをシミュレーションで把握することができた。今までは、公的な施設を避難所に配置することが多く、適正な配置を確認することはできなかったが、今回のシミュレーションを行ったことで、避難所のアンバランスを明確にすることができた。

3点目は、避難開始時間を早めることが最も優位性の高いことを明確にすることができた。また、避難所誘導及び避難所の再配置を行うことの相乗効果も確認することができた。

### 5.3 地域防災力向上における提案

前述までの各種分析検討から得られた知見を踏まえて、地方都市における地域防災力向上に関する6つの提案を以下に示す。

- ① 地域における防災意識を把握するのにアンケート調査は有効な手段であることが確認できた。しかし、アンケート調査だけでは本当の意味で防災意識を把握することができないため、ワークショップやフィールド調査とのコラボレーションが重要である。具体的には、ワークショップやフィールド調査などを学校と地域が一体となって「まちづくり」という視点をプラスすると地域住民は受け入れやすくなるを考える。
- ② アンケート調査より、防災意識と冊子（輪島市防災マニュアル）の認知率や保有率は非常に相関が高いことが確認できた。今後は、この冊子を有効に利活用した防災教育の在り方を整備することが重要である。具体的には、学校や町会で個別に防災教育を行うのではなく、地域が一体となった防災教育の在り方を整備することが重要と考える。
- ③ 地域住民の意識を公助から自助や共助へ移行させるツールとしてのT-DIGが有効であることが確認できた。今後は、地域単位でT-DIGを活用した防災教育の在り方を整備することが重要と考える。具体的には、防

災コンテストや学校の防災教育の中に**T-DIG**を取り込むことも有効と考える。

- ④ 輪島市が保有する**GIS**を有効に利活用して簡易的な地震津波避難シミュレーションを行うことができた。今後は、この簡易的な地震津波避難シミュレーション結果を活用した防災教育の在り方を整備することが重要と考える。具体的には、地震津波避難シミュレーションをワークショップで説明した上で地域住民の避難行動に関するアンケートを行うことや避難訓練を通じて避難行動を把握し、その結果をシミュレーションに反映することなども有効な活用方法だと考える。
- ⑤ 地震津波避難シミュレーションを通じて、渋滞ポイントや容量を超過する避難所を把握することができた。この結果を防災計画の見直し等に関する資料に利活用することも可能であると考え。但し、そのためには定性的な評価から定量的な評価を行えるレベルまでシミュレーションの精度を向上させていく必要がある。
- ⑥ アンケートで防災意識を把握し、ワークショップやフィールド調査で現状を正しく認識し、その結果を踏まえた地震津波避難シミュレーションを行うことで、今まで何処か他人事もしくは公助であった防災が自分の事として認識し行動を起こす動機付けになり、マンネリ化している防災教育の在り方に風穴を開ける可能性があると考え。そのためには、地域住民と行政そして専門家（大学）が相互にリスクコミュニケーションすることで住民は変わり、そして地域は防災を意識した街づくりに変化できると考える。

## 5.4 今後の課題

本研究論文では、市町村が保有する**GIS**データを有効に活用することで、避難シミュレーションを比較的容易に作成できることを確認することができたが、現在は定性的な評価しかできないが今後は定量的な評価を行えるレベルまで向上する必要がある、以下に示す課題が残されていると考えている

### 1) 地域住民の避難行動意識や避難開始時期の把握

本研究における避難行動意識は、地域住民が最短避難路や避難所を認知しているという条件下であり、避難開始時期は東日本大震災を基に設定している為、輪島市の行動とは言い難い側面があることから、今後は、学校や町会で開催される防災訓練や防災教育の中で避難行動意識や避難開始時期をア



ンケート調査や模擬避難訓練を通じて把握し、その結果をマルチエージェントシステムに反映していくことが必要と考える。

2) 防災教育としての連携

防災教育として、アンケート調査やワークショップ及びフィールド調査を学校や町会で実施し、その結果をマルチエージェントシステムに取り込み、そこで得られた知見を更に防災教育に反映するといった防災教育の在り方に関する研究を進めることが必要と考える。

3) リスクコミュニケーションからリスクガバナンスへの発展

本研究では、リスクコミュニケーションの領域で研究を行っているが、防災まちづくりとしてのリスクガバナンスの領域まで踏み込んだ研究を進めることが必要と考える。例えば、防災道路の選定や避難所の再配置及び家屋の耐震化重点エリアなどの設定に避難シミュレーションを用いることの可能性まで踏み込んだ研究が必要と考える。

以上

# 謝 辭

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり多くの方々から御指導，御助言，励ましを頂きました．ここに，厚く御礼申し上げ深く感謝いたします．

本研究は，2011年4月から2014年3月までの3年間にわたり，金沢大学大学院自然科学研究科博士後期課程に在学した期間の研究成果をとりまとめたものであります．博士学位論文をとりまとめることができましたのも，一重に主任指導教員として，多忙な合間を縫って終始懇切丁寧な御指導，御鞭撻を賜りました金沢大学理工研究域環境デザイン学系 宮島昌克教授には厚く御礼を申し上げます．先生に与えて頂いた多くの研究機会やワークショップ及び現地調査での経験等に基づく御助言は，非常に貴重なものとなりました．ここで得た知識と経験は筆者の重要な財産となっております．

本博士論文の審査にあたり，多くの御助言を賜りました防衛大学校 藤間功司教授，金沢大学理工研究域環境デザイン学系 高山純一教授，近田康夫教授，池本敏和講師に深く感謝致します．金沢大学理工研究域環境デザイン学系 村田晶助教には多くの有益な資料提供や御示唆を頂くと共に，研究室の先輩であります大阪市危機管理室 水野智雄博士，株式会社国土開発センター 七郎丸一孝博士，金沢大学地震防災研究会の方々には，懇切な御指導，貴重な御教授，激励を賜りました．ここに深く感謝申し上げます．また，金沢大学大学院博士後期課程の同じ社会人学生である株式会社東洋設計 石塚久幸氏，株式会社クボタ 金子正吾氏には多くの御助言や激励を頂き，筆者の研究の支えとなりました．ここに深く感謝申し上げます．また，学生の立場から研究活動を支えて頂いた山岸宣智君，井ノ口和樹君，藤原朱里さんをはじめとする学生の皆様にも深く感謝の意を表します．

筆者が本研究を遂行することができたのは，株式会社日本海コンサルタントの多くの方々のお力添えによるものです．研究する機会を与えて頂きました株式会社日本海コンサルタント代表取締役 黒木輝久会長，黒木康夫社長をはじめ役員の皆様，上司，先輩，同僚の皆様は心より感謝致します．特に小間井孝吉常務取締役，喜多敏春取締役本部長におかれましては博士課程の先輩として多くの御助言や御指導を賜りましたこと心から感謝致します．

最後に，3年間にわたる仕事と研究という多忙な生活に理解を示し，陰ながら支えてくれた妻の一子と長男 峻平，次男 圭佑，長女 春香に心から感謝します．