

東日本大震災時の山田町・石巻市における 津波避難行動に関する調査とその分析

津波避難調査小委員会

東日本大震災大津波では、2万人にも及ぶ死者および行方不明者が生じた。東北地方三陸沿岸では、過去に何度も津波の被害を受けており、それなりの経験や意識の高さは備えていると思われていたが、どうしてこれだけ多くの犠牲が出たのか、どうしていたらうまく逃げられたのか、その実態を調査し、教訓を集め、今後の施策に生かすことは極めて重要である。

津波避難調査小委員会は、津波避難の実態を調査するために結成された東日本大震災津波避難合同調査団（団長：今村文彦東北大学教授）のうち、岩手県山田町および宮城県石巻市を担当したチームに参加し、他の研究者・技術者と共に調査した結果を分析し、今後の津波避難に関する知見を取りまとめている。

Key Words :evacuation, Tsunami, Great East Japan Earthquake

1. はじめに

東日本大震災では地震は日中に発生し、大きな揺れが体感されてから大津波の到達まで30分の時間があつた。しかも、岩手や宮城の沿岸部住民は津波の脅威を習知していたはずである。それでも2万人に近い住民が津波から逃げ遅れ命を落とした。

何故なのか、その実態を調査し、要因を分析して今後の防災対策に生かし、教訓を整理して後世に語り継いでいく必要がある。多くの研究者や技術者がその思いを共有したが、避難の調査は必然的に被災者に接して辛い体験を聞きだす調査である。そのため、被災者への負担軽減を第一の目的として東日本大震災津波避難合同調査団

（団長：今村文彦東北大学教授）が任意参加で結成され、調査グループ間の重複を避け情報を交換しながら調査を行うことになった。その調査団の一つに、山田町・石巻市担当チームがあり、文字通り、岩手県山田町および宮城県石巻市において、行政および被災者へのヒアリング調査を行った。「津波避難調査小委員会」は、このチームの主体として活動した。

2. 調査対象自治体

2.1 岩手県下閉伊郡山田町¹⁾

山田町は北に宮古市、南に大槌町が隣接する典型的な陸中海岸の町で、2011年3月1日の人口は19,270人（2013年3月1日現在、17,183人）。山田湾と船越湾に面し、主な産



図-1 調査対象自治体

業は養殖漁業とその水産加工である。2013年8月12日時点の町役場の調査データによると、津波による死亡者（認定死亡者、災害関連死亡者を含む）807人、行方不明者2人となっている。人口比はおよそ4%となるが、何らかの避難行動を取らなければ危険が及んだ行政区を死亡率1%以上と定義して、その行政区内の人口12,504人と死亡者数で計算すると人口比はおよそ6%となる。全壊家屋は2,762戸（町役場2012年6月1日集計）、その5%は津波ではなく火災によると推定され、震度は5弱で揺れによる被害は見当たらない。全壊家屋は全家屋の38.4%、海岸に面した地域では45.8%となっている。

2.2 宮城県石巻市

石巻市は、人口160,626人(2010年国勢調査データ)であり、宮城県第2の都市である。図-1に示すように、牡鹿半島と太平洋岸のリアス式海岸地域、北上川に沿った内陸地域、市の南西部で仙台湾に面した平地が広がる本庁地区(旧石巻市地域)に分かれている。石巻市において震度6強、石巻市鮎川検潮所にて、津波最大波7.6m以上を記録した。石巻市全体の死者・行方不明者は、3,720人(直接死3,039人、関連死242人、行方不明者439人、2013年9月5日石巻市ウェブサイト)、浸水域人口(総務省統計局)当たりの死亡率は3.4%と甚大な被害であった。

3. 調査方法

調査は、2011年5月から12月の期間を重点的に行った。調査方法は、避難所や仮設住宅等におけるヒアリング調査と、調査票を郵送してもらうポストイング調査を実施した。

調査前に、山田町長、石巻市長宛に調査実施の願書を提出し、調査の承諾を受けてから、山田町では2011年6～9月に主に避難所における被災者200名にヒヤリング調査を行った。石巻市では10～12月に主に仮設住宅団地の入居者355名にヒヤリング調査を行った。更に、12月には石巻市でアンケート票を仮設住宅のポストに配布し返信用封筒で返送してもらうポストイングアンケートも実施し、3,300戸に配布の上、797票(24%)が回収された。ヒヤリング調査とポストイング調査は重複しないように、異なった仮設住宅団地で実施した。

ヒヤリング調査では被災者を不用意に傷つけることが懸念された。そのため、被災者の災害ストレス軽減対策に関する講習会を調査チーム内で実施し、現地では、調査団の性格と構成、調査の目的を記した協力願い書をまず手渡し、被験者に対し口頭で説明して了解を得てからヒヤリング調査に入った。手元におよそ40項目の調査票と地図を用意したが、まずは目線を下げ、時間を惜しまず、多くは聞き役となってお話を伺った。そのため、1時間を超えるヒヤリングになることがしばしばあった。一方、ポストイングアンケートは回答項目が34と多く、近辺の死亡者に関する情報提供もお願いした重い内容であったが、10人に1人くらいの方は、B5版の自由記述欄を目一杯使って自らの被災体験を記入して下さった。

4. 研究成果

4.1 学会発表

土木学会全国大会における研究発表は、平成24年度7

編、平成25年度4編を発表した。平成24年度日本地震工学会東日本大震災国際シンポジウムにて1編、15thWCEEにて3編、日本地震工学会2012年次大会5編の研究発表も行った。地震工学研究発表会においては、平成24年度に研究発表6編の発表を行い、平成25年度は1編を予定している。

4.2 研究討論会

土木学会全国大会研究討論会においては、平成24年度に「少子高齢化社会における津波からの避難—生死を分けるものは何か—」と題して、『これからも「津波でんでんこ」か?』および『自動車避難は本当にダメか?』をテーマとしたディベートを行い、聴講者は48名と盛況であった。静岡県および名古屋市の防災担当者をお招きし、ディベートの結論に対する意見を頂いた。平成25年度では、東日本大震災アーカイブ特別委員会主催の「土木学会東日本大震災アーカイブサイトの現状と課題」において、『東日本大震災津波避難に関するヒアリング調査とアーカイブ化』と題して話題提供を行った。

4.3 報告会

平成24年11月14日に、土木学会講堂にて、小委員会の報告会を実施した。ここでは、これまでの研究成果を6編発表するとともに、静岡県防災担当者による津波避難に関する話題提供とともに、それに対するミニディスカッションを行った。報告会で配布したCD-ROMには、報告会原稿6編、学会発表等の原稿24編を収録した。

4.4 調査結果および分析結果

ここでは、ヒアリング調査およびポストイング調査から得られた調査結果および分析結果について紹介する。

(1) 家屋被害と死者発生状況の相関性⁹⁾

石巻市より提供頂いたり災世帯データと津波浸水深を用いて、家屋被害と津波浸水深との相関性の分析を行った(図-2)。

石巻市内全域でのり災世帯数(一部被害有～全壊)は約44千世帯であり、全世帯の約70%である。そのうち浸水範囲に位置するのは約30千世帯であり、被害が認められなかった約20千世帯のうち14千世帯が浸水範囲外に位置する。つまり浸水範囲内では85%の家屋に何らかの被害が生じていることとなる。

浸水深別のり災率を見ると、浸水深50cm未満の場合に全壊と判断された世帯が7.4%、1～2m未満の場合29.9%であるのに対し、2.0m以上の場合90%と急激に増加する傾向にあり、津波浸水深と家屋被害の強い相関性が認められる。また、浸水範囲内の全壊家屋70%以上が浸水深2m以上の範囲に分布していることを踏まえると、家屋被害の全壊に至る閾値として2mという数字が有意であることが示唆される。

適用した津波浸水深のデータは2m以上では細分化されていないため、2m以上の浸水があった地区について

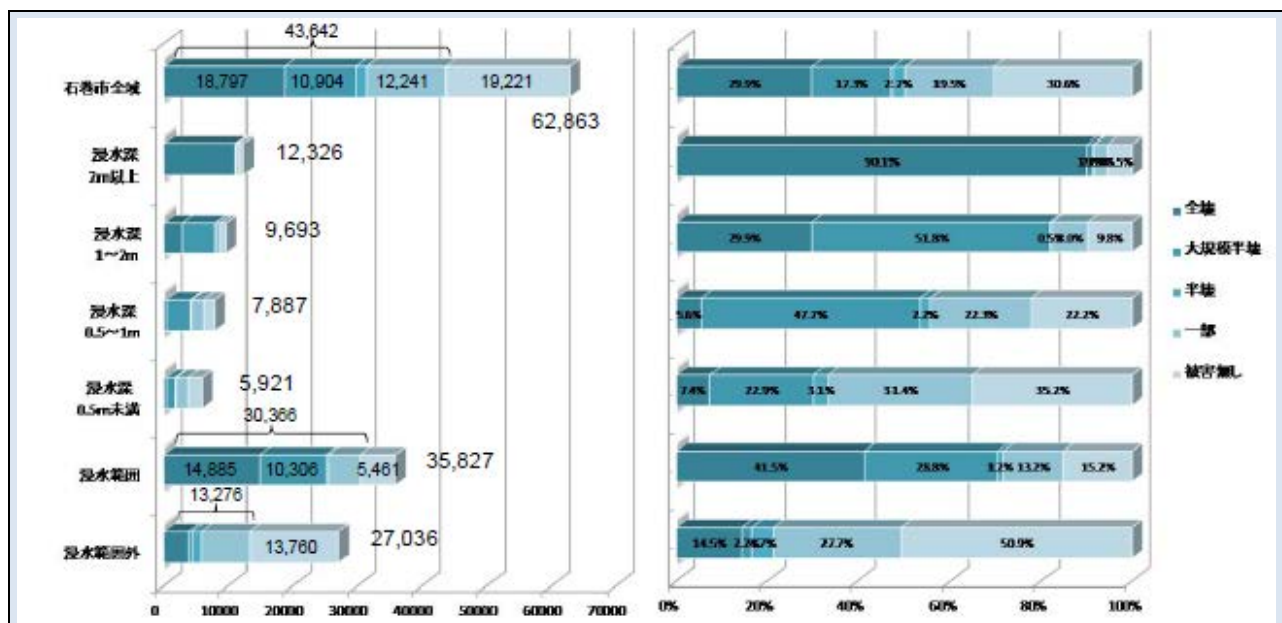


図-2 世帯り災数・り災率と浸水深の関係

表-1 避難行動パターンと集計結果

避難行動パターン		山田町 n=145 人	石巻市 n=749 人
a) 津波が来るかもしれないと考えて、直ちに避難	a-1) 安全な避難場所に留まり、津波を逃れる	29	74
	a-2) 避難途中、あるいは避難場所で危険な状況になる	4	26
b) 津波が来るかもしれないと考えるが、直ちに避難しない	b-1) 要援護者を助けに行く	9	29
	b-2) 家族を迎えに行く、物を取りに行く、家の様子を見に行く	47	184
	b-3) しばらく様子を見る、避難の準備を続ける	49	197
	b-4) 自力避難が困難、あるいは職務上の都合でそのまま留まる	2	19
c) 津波のことは考えない、あるいは津波は来ないとする	c-1) 地震動による被害や恐怖心をきっかけとした避難	0	25
	c-2) 家族を迎えに行く、物を取りに行く、家の様子を見に行く	0	79
	c-3) そのまま留まる	5	116

詳細に分析することはできていないが、他の痕跡調査⁴⁾やヒアリング調査結果等に基づく、旧北上川右岸側の門脇町や南浜町では平均的に7~8m程度の浸水があった一方、左岸側の川口町、大門町、湊町等では4~5mとやや浸水深が低い状況であることが推察される。被災直後の航空写真による家屋流出状況や現地踏査の結果から、旧北上川右岸側はほぼ全面的に家屋が流出した状況である一方、左岸側はある程度原形をとどめている状況にある。ヒアリング調査結果では、避難行動が間に合わず、自宅2階に避難して助かった住民も少なからずいることから、流速や漂流物の影響等も考えられるところではあるが、5m以上の浸水深があったか否かも、石巻市における生死を分けたポイントとなっている可能性がある。

(2) 家屋被害と死者発生状況の相関性⁹⁾

石巻市よりご提供頂いた死亡者の居住地に基づき、家屋被害状況との相関を分析した。死亡率は町丁目毎の人口を分母、死亡者を分子とした。外出等により居住地で被災していないケースも含まれるが、ヒアリング調査結

果から約6割の方が自宅、約2割の方が避難途中と8割程度の方が自宅周辺で犠牲になっていることから、傾向は十分把握できるものと考えている。

死亡率が10%を超過している地区は市内全域で16存在し、その何れもり災率(全壊)は80%を超えている。り災率が高くとも死亡率が低い場合もあり、このような地区では津波に対する意識が高く迅速な避難行動が取られていた可能性が高いことも考えられ、ヒアリング結果を含めた分析を行っていく予定である。また、死亡率とり災率の関係を二次の多項式で近似した結果、ばらつきが大きく、被害想定等に適用するには過小評価となることが懸念された。そこでり災率5%以上の地区の90%を包含するような関係式を提案した。

(3) 避難行動パターン⁹⁾

避難行動は極めて複雑で、個性的であるが、地震直後の意識と避難行動パターンを表-1のように分類した。a)は地震の揺れや津波警報などの情報を得て、津波が来るかもしれないと考え、直ちに避難したパターンである。

ここで、「直ちに避難」とは、3月11日15:00（地震発生は14:46）以前に避難行動を開始したことを目安としたが、正確な時刻を記憶している方は少ないため、あくまで目安の時刻である。近くのk-netの記録を見ると、強い地震動は3分程度で収まっていることから、「ゆれが収まる前に避難」、「地震後10分未満で避難」と回答された方を原則的に「直ちに避難」とした。ただし、避難開始後の行動についての回答から、避難開始が15:00以降と考えられるものについては、b-3)に分類した。b)は、津波が来るかもしれないと考えたが、直ちに避難しないで、様々な行動をしたパターンである。c)は、津波のことは考えない、あるいは自分のところまで津波は来ないと考え、津波を意識しない行動をしたパターンである。地震動による被害や恐怖心をきっかけとして避難した方もc-1)としてc)に分類した。a)～c)は、さらに表-1のように細分類して集計した。

(4) 移動手段別の移動距離²⁾

表-2に移動手段別の各地区における平均、最大、最小移動距離を示す。集計件数をみると石巻市本庁地区では自動車避難が徒歩避難の約2.3倍となっているのに対し、山田町ではほぼ同数となっている。山田町の結果は、同じ調査団で実施されたアンケート結果³⁾と異なるが、これは①本集計はアンケート結果のうち避難場所が明確に確定し距離が特定できたものを対象としている、②距離の調査を目的として約100件アンケートを追加し母集団が異なっている等の理由による。平均移動距離は徒歩避難、自動車避難共に石巻市が山田町の約1.4倍となっている。自転車避難は石巻市が山田町の約1.7倍となっている。

移動手段にかかわらず山田町の方が石巻市より避難距離が短いのは、山田町がリアス式海岸部独特の複数の海岸沿いの小集落平野部で構成されており、小集落内の近傍避難場所への移動が主体となることによると推察される。図-3に移動距離と累積件数を示す。徒歩避難は石巻市、山田町共に90%以上が移動距離1000m以下である(A)。さらに70～80%が移動距離500m以内であり(B)，両者に差はあるものの分布傾向はほぼ同じである。これに対し自動車避難は移動距離1000m以下をみると山田町が63%(C)，石巻市が40%(D)と差が大きくなっている。特に山田町は30%が移動距離500m以下(E)であり、近傍の集落内の避難所に自動車で避難したケースがかなり多い。

(5) 避難経路別の割合

図-4は徒歩避難、自動車避難について「自宅から直接避難場所へ移動したケース」、「外出先から自宅に戻ってから避難場所へ移動したケース」、「外出先から直接避難場所へ移動したケース」の件数割合を示したものである。徒歩避難では石巻市、山田町共に自宅から直接避

表-2 避難手段と移動距離

移動手段	調査地区	件数	移動距離(m)		
			平均	最大	最小
徒歩	石巻市	133	470	2100	20
	山田町	79	340	1070	20
自動車	石巻市	303	2290	14000	10
	山田町	81	1670	12700	80
自転車	石巻市	16	1920	4400	80
	山田町	4	1140	2800	270

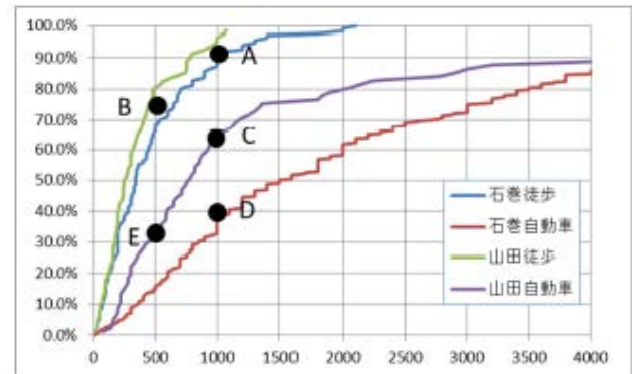


図-3 移動距離と累積件数

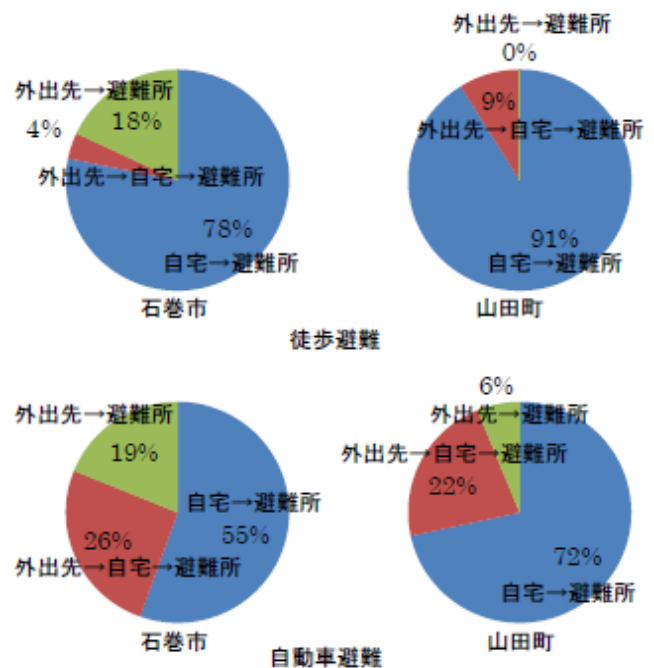


図-4 避難経路別割合

難所に移動したケースが80～90%と多数を占める。外出先から避難場所に直接移動したケースは石巻市が18%であるのに対し山田町は0%となっている。自動車避難では、外出先から自宅に戻ったケースが石巻市で26%、山田町で22%と両者同程度の割合となっている。これに対し外出先から直接避難場所に移動したケースは石巻市19%、山田町6%と件数割合に顕著な差が認められる。石巻市の19%には自宅に戻ろうとしても渋滞で戻れなかったケースも含まれると思われる。合同調査団のアンケート結果⁵⁾によると、避難途中で津波に巻き込まれたと

表-3 避難行動と大津波警報覚知率

	山田町	石巻市
地震の後、直ぐに避難した。	0.52 (131)	0.53 (694)
危険な状況になってから避難した。	0.59 (34)	0.50 (152)
津波に襲われるまで避難しなかった。	0.44 (16)	0.37 (163)

()内はサンプル数

回答したのは山田町が11%であるのに対し石巻市は45%と多数を占めている。

(6) 避難行動と大津波警報認知の関係^⑥

調査データから、住民の避難行動を、1)住民が直ぐに避難した、2)危険な状況になったので避難した、3)津波に襲われるまで避難しなかった、に分類し、避難前（避難中を含む）に大津波警報発令を覚知していた人の比率を求めて表-3に示した。避難行動の素早さと大津波警報覚知の間に明瞭な相関ないこと、津波に襲われるまで避難していなかった人達の約40%が大津波警報発令を覚知していたことがわかる。

上述の分析から、大津波警報の覚知が住民の避難を促す主な要因についていないことが示唆されるが、住民はどこから大津波警報発令を知ったのであろうか？

図-4と図-5は住民が避難開始前か避難中に大津波警報発令を知った場合の情報源を示している。山田町、石巻市とも無線放送（防災行政無線）とラジオの役割が大きい。石巻市では家族・近所の人からの情報取得が相対的に多くなっている。

住民が避難を決めた一番大きな理由を調査した結果を図-6と図-7に示す。もっとも多く選択された理由は「大きく長い異常な揺れを感じた」である。住民の津波に対する警戒心が高い山田町では特にその傾向が顕著である。石巻市では「警報・避難指示を聞いた」が相対的に多いが、それでも全体の1/4程度であり、多くの人は大きな揺れと身近な所からの情報で避難を決めている。

(7) 犠牲者の居場所と行動^⑦

石巻市において、犠牲者が津波襲来時にどこにいたのか、どのような行動を取っていたのかという点に焦点を当て、ヒアリング調査を実施した。調査方法は、ヒアリング調査とポスティング調査の2通り実施した。1つは、石巻市から提供して頂いた亡くなられた方の住所をもとに、そのご近所の方を訪ね、情報提供をお願いした。もう1つは、合同調査団の実施しているヒアリング調査およびポスティング調査において、知り合いで亡くなられた方の情報提供をお願いし、816名（平成25年3月末現在）の方に関する情報を得た。なお、一人の方に対し、複数の異なった情報が得られた場合には、その内容から順序

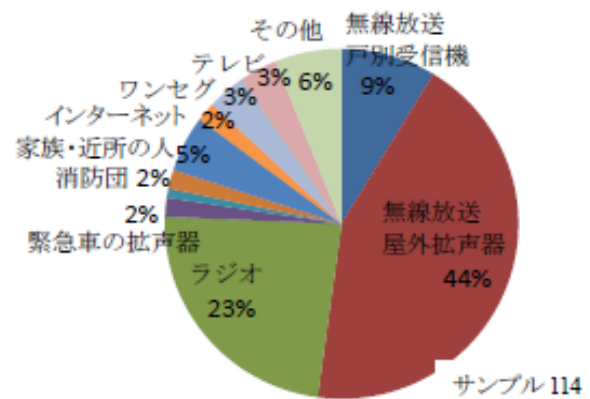


図-4 山田町：避難前、避難中に大津波警報発令を知った場合の情報源

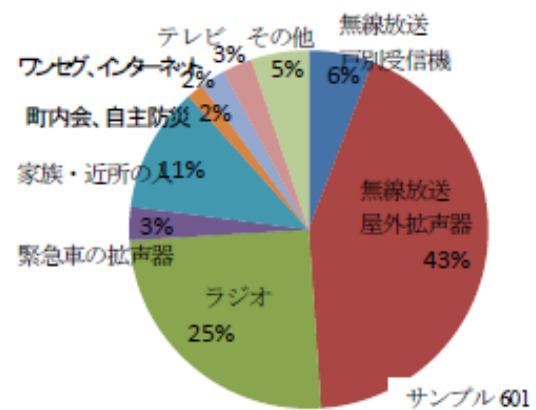


図-5 石巻市：避難前、避難中に大津波警報発令を知った場合の情報源

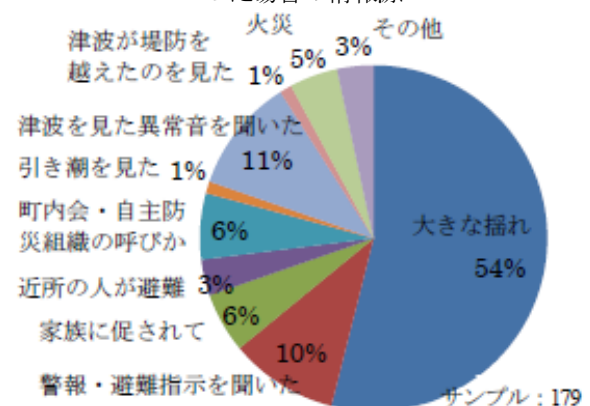


図-6 山田町：避難を決断した理由

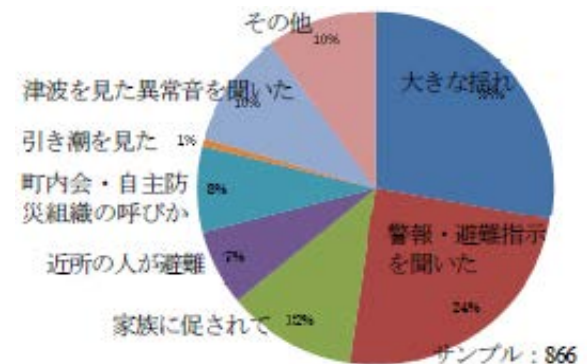


図-7 石巻市：避難を決断した理由

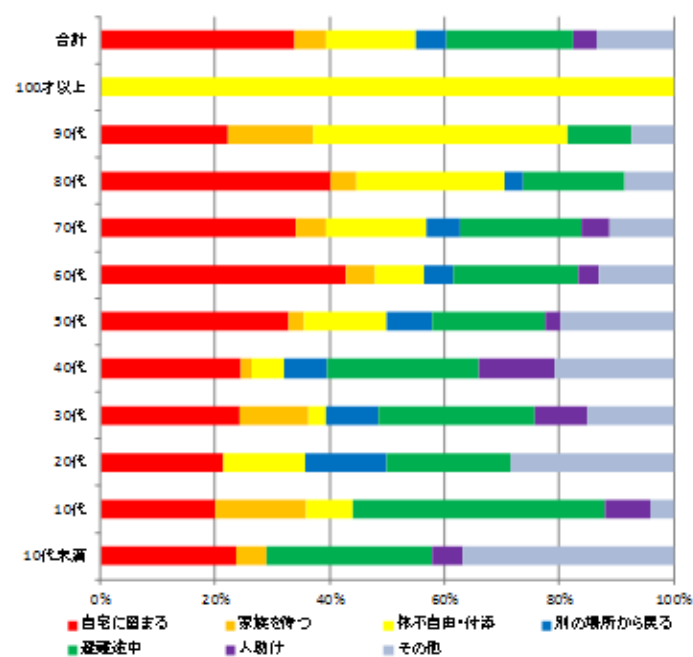


図-8 津波犠牲者の居場所および行動

どのような行動を取っていたのかについて、年齢別に示した図である。

寝たきりや体が不自由といった理由は、高齢者、特に80代に多く見られ、そこには同年代である連れ合いの付添も含まれている。それに対して、50代や20～30代にも同様の分類が見られる。これにより、高齢者1人に対して、連れ合いもしくは子供や孫といった年代が介護や付添といったことで一緒に津波の被害にあったことが推察される。さらに、90代と10代に「迎えを待っていた」理由が多く見られる。これに対して、20～40代に「別の場所から自宅に戻っていた」というのが多く見られ、家族を心配して迎えにきたと推測できる。これらから、日中に地震・津波が発生した場合の家族間の約束を考えておくことが重要だと考えられる。

5. おわりに

本小委員会では、東日本大震災における津波避難の実態を知るべく、山田町200名、石巻市355名にヒアリング調査を行うとともに、ポスティングアンケートで797名の調査結果を得た。このデータはたいへん貴重なデータであり、このデータを分析することで、浸水深と家屋調査と死者数の関係、避難行動パターン、移動手段と移動

距離、避難経路、避難行動と大津波警報認知の関係、犠牲者の居場所と行動に関する貴重な知見が得られた。

謝辞：調査に当たって快く協力いただいた被災者の皆さん、山田町役場、石巻市役所に深く感謝いたします。亡くなられた方のご冥福を祈り、被災地の一刻も早い確かな復興を心より祈念します。

なお、東日本大震災津波避難合同調査団(山田町・石巻市担当チーム)および本小委員会の調査は、JST のJ-RAPID プロジェクトの支援を受けた。また、土木学会よりも一部支援を受けている。

委員一覧（所属は2013年9月1日現在）

委員長	田中 努	エイト日本技術開発
副委員長	柳原 純夫	奥村組
幹事長	三上 卓	東濃地震科学研究所
委員	磯打 千雅子	香川大学
委員	市古 太郎	首都大学東京
委員	宇治田 和	ランドブレイン
委員	小川 雄二郎	東京大学生産技術研究所
委員	紙田 和代	ランドブレイン
委員	佐藤 誠一	日本工営
委員	鈴木 光	建設技術研究所
委員	関谷 直也	東洋大学
委員	仲村 成貴	日本大学
委員	長谷川庄司	国際協力機構
委員	福岡 淳也	エイト日本技術開発
委員	村上 ひとみ	山口大学
委員	森田 博之	倉敷市役所
委員	山本 一敏	パシフィックコンサルタンツ
顧問	中林 一樹	明治大学
顧問	後藤 洋三	東京大学地震研究所

参考文献

- 1) 山田町：3.11 東日本大震災山田町被害概要，山田町ウェブサイト，2013.8.12.
- 2) 後藤洋三，中林一樹：東日本大震災津波避難合同調査団（山田町・石巻市担当チーム）の調査，第 67 回土木学会年次学術講演会，2012.9.
- 3) 後藤洋三：想定を越える大津波からの避難の実態（山田町の事例），日本地震工学会論文集・特集号「2011 年東日本大震災」，2012.9
- 4) 原口，岩松：東日本大震災津波詳細地図，古今書院，2011
- 5) Y.GOTO,T.Mikami,I.Nakabayashi:Fact-Finding about the Evacuation from the Unexpectedly Large, Tsunami of March 11,2011 in East Japan, 15th WCEE.
- 6) 津波避難調査小委員会：津波避難調査小委員会報告会資料(CD-ROM)，土木学会，2012.11.
- 7) 柳原純夫，仲村成貴，村上ひとみ：平野部とリアス部における避難行動特性の比較，第68回年次学術講演会，I-148，CD-ROM，土木学会。
- 8) 三上卓，後藤洋三，田中努，村上ひとみ，柳原純夫：津波避難途中で亡くなった方の避難手段，第68回年次学術講演会，I-147，CD-ROM，土木学会。