

31. 道路情報を用いた福島県沿岸域における 災害適応策の検討

江坂 悠里^{1*}・渡辺 麻子¹・川越 清樹¹

¹福島大学共生システム理工学類（〒960-1296 福島県福島市金谷川1福島大学理工学類研究実験棟503）

* E-mail: esaka@sss.fukushima-u.ac.jp

東北地方太平洋沖地震に伴う津波によって、東日本沿岸域は多大な被害を受けた。国や自治体で被災地の復旧・復興計画が進められているが、計画の実現は被害防止や減災に成果への効果をもたらすものとなる。しかしながら将来的な地球環境の変化により想定外の津波や台風、高潮などによる被害増加も見込まれるため災害予測の不確実性や複合災害の発生等の可能性が消失したわけではない。

本研究では福島県沿岸域を対象とし、地域に応じた災害に対する対策と課題を明らかにし、津波浸水地域における過去の海岸災害を含めた被害状況や人口統計等から集落単位での避難経路と所要距離、時間を解析し、今後の福島県沿岸域の災害脆弱地域、脆弱地域の標高的な改善案を検討した。

Key Words : *tunami, evacuation route, coast disaster, Fukushima, disaster prevention measures*

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖を震源とする観測史上最大級の地震が発生し、それに伴う津波で太平洋沿岸各地は甚大な被害を受けた。宮城県、岩手県に次ぐ人的・物的被害を被った福島県は、震災翌日に発生した福島第一原子力発電所の事故により、被害を受けた沿岸地域の一部は未だに当時の状況のまま取り残されている。将来的な地球環境の変化により津波対策のみならず、台風、高潮などによる被害が増加することも見込まれるため、人口、資産、産業の集中する沿岸域の浸水、氾濫誘発現象の増加が危ぶまれる。国や自治体では、被災事例やシミュレーション結果から被災地の復旧・復興計画が進められている。計画の実現は被害防止や軽減に著実な成果をもたらす一方で、災害予測の不確実性、複合的な自然現象の発生等の可能性が消失したわけではない。

災害誘発現象に直接的に対抗できる効率的、かつ現実的な対策を講じることと並行し、最大限の災害ポテンシャルに備えた防災体制を確立させ、未曾有の災害減少に適応できるよう①既往災害事例、②住民も含む地域形成の地域的変遷、③危険領域と危険回避領域の関係を空間的に捉えることが有効である。これらの関係性から、地域に応じた災害規模に対する需要量を換算し、災害対策

における課題を明らかにし、具現化した社会基盤整備を議論できる。

本研究では福島県沿岸域を対象とし、東北地方太平洋沖地震と沿岸域に関わる既往災害の状況（被災・非被災地域を含む）、住民も含む地域形成の変遷データをマップ情報として整備した。また、国土交通省による調査結果¹⁾より、地震発生時から津波到達までの避難経路や手段によって停電や交通障害のため速やかな避難が出来なかった為に犠牲となった人も多いことから、津波浸水地域における過去の海岸災害を含めた被害状況や人口統計等から集落単位での避難経路と所要距離、時間を解析し、今後の福島県沿岸域の災害脆弱地域、脆弱地域の標高的な改善案を検討した。

2. 解析方法と概要

（1）福島県沿岸市町村の概要

福島県は広大な面積を有し、奥羽山脈と阿武隈高地を挟んで機構の特色が異なることから会津、中通り、浜通りの三地方に分類される。研究は沿岸域である浜通り市町村を対象に進められた。なお、太平洋沿岸に面する浜通りについて、浜通り北部から順に新地町、相馬市、南相馬市からなる相馬地方、浪江町、双葉町、大熊町、富岡町、楡葉町、広野町を双葉地方、いわき市をいわき地

(a) 相馬地方：福島県沿岸北部に位置しており宮城県丸森町、山元町に隣接している。新地町、相馬市の境界に重要港湾である相馬港を有し、相馬共同火力発電(株)新地発電所が立地している。発電所周辺の両市町一帯は相馬中核工業団地として整備されている。相馬市宇多川、小泉川河口には松川浦があり、古くより遊休や養殖場に利用された。南相馬市においては鹿島区、原町区、小高区から成り、千年以上続く相馬野馬追は国重要無形文化財に指定されている。原町区に東北電力(株)原町火力発電所が立地している。相馬地方の総面積は 642.52k m²、震災以前の総人口は 116909 人(2010 年度国勢調査より)津波による死者・行方不明者²⁾は 1211 人であった。浸水範囲の人口・世帯数は 28479 人、8196 世帯と推測される。

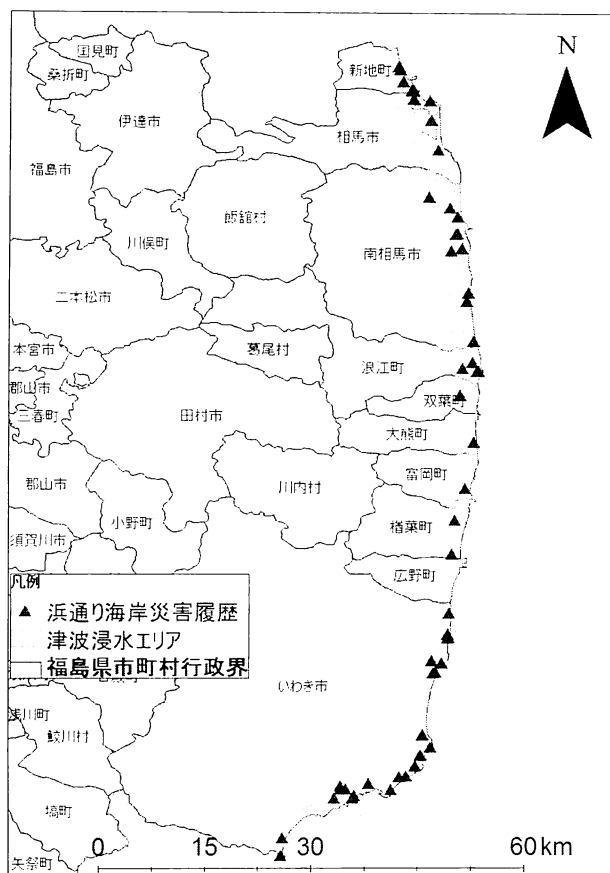
(b) 双葉地方：福島県最東端に位置し、双葉町と大熊町には東京電力(株)福島第一原子力発電所、富岡町楢葉第二原子力発電所、広野火力発電所が立地している。主な漁港は浪江町請戸漁港、富岡町富岡漁港である。双葉地方の総面積は 583.51k m²、震災以前の総人口は 68466 人、津波による死者・行方不明者²⁾は 411 人であった。浸水範囲にかかる人口・世帯数は 10293 人、3306 世帯と推測される。

(c) いわき地方：福島県南東端に位置しており、茨城県に隣接している。人口、面積は福島県内最大で小名浜港をはじめとする 11 の漁港を有している。広大な面積のため 13 の地区に別れており、昭和 30 年代には常磐地区を中心に石炭産業が発達した。面積は 1231.35k m²、震災以前の総人口は 342198 人、津波による死者・行方不明者²⁾ は 347 人であった。浸水範囲にかかる人口・世帯数は 32520 人、11345 世帯と推測される。

沿岸地域の津波や高潮による既往海岸災害について、沿岸各自治体発行の地誌よりまとめ、得られた被害情報と位置情報からマップ上で被災箇所を確認した。

県全域を対象とした地誌^{3) 4)}と自治体毎の地誌^{5) 6) 7)}
⁸⁾ 合わせて6冊より海岸での被災箇所106地点を抽出し、
 おおよその災害発生位置の座標を地図閲覧サービス⁹⁾
 より取得した。

取得した座標から GIS 用に被害箇所のポイントデータを作成し図 1 にまとめた。東日本大震災による津波浸水エリアを重ねて表示することで、被害履歴を有する地域の多くが今回も被害を受けていることが確認できる。869 年に東北地方を襲った貞観地震による津波や明治三陸地震津波、昭和三陸沖地震津波、1960 年チリ地震津波等により福島県沿岸部の住民や資産へ多大な被害をもたらしていることが記録されている。輸送、産業でも重



要となる沿岸部であるが、特に明治以降ではどのような集落形成を辿ってきたかを緻密に検証する。

(a) 地形図による解析：明治以降の浜通りにおける集落形成を国土地理院発行 5 万分の 1 地形図¹⁰⁾を用いて解析した。解析に使用した地形図は明治、昭和、平成それぞれの年代に測量されたものであり、地形図を重ね合わせて年代間で集落が形成された箇所をデータ化した。既往災害事例と同様に地図閲覧サービス⁹⁾より改変箇所の座標を取得し GIS データとして作成した。図 2 において明治期から昭和初期にかけて形成された集落を白、昭和初期から平成期にかけて形成された集落を黒の丸で示した。両期間を比較すると、沿岸の広い範囲で集落が増加していることがわかる。特に昭和から平成にかけての期間では海岸に近い場所での建物増加が顕著である。

相馬地方では新地町と相馬市で港湾周辺の集落増加が明らかである。松川浦周辺は田が広がり、国道六号線を境に西側で集落が増加している。南相馬市では、明治から昭和間に原ノ町駅を中心とした集落が増加、昭和から平成にかけてさらに拡大している様子が確認できた。浪江町に近い福浦干拓地では浦であった場所とその周辺が津波で水没しているのが特徴的であり、2012年6月現在

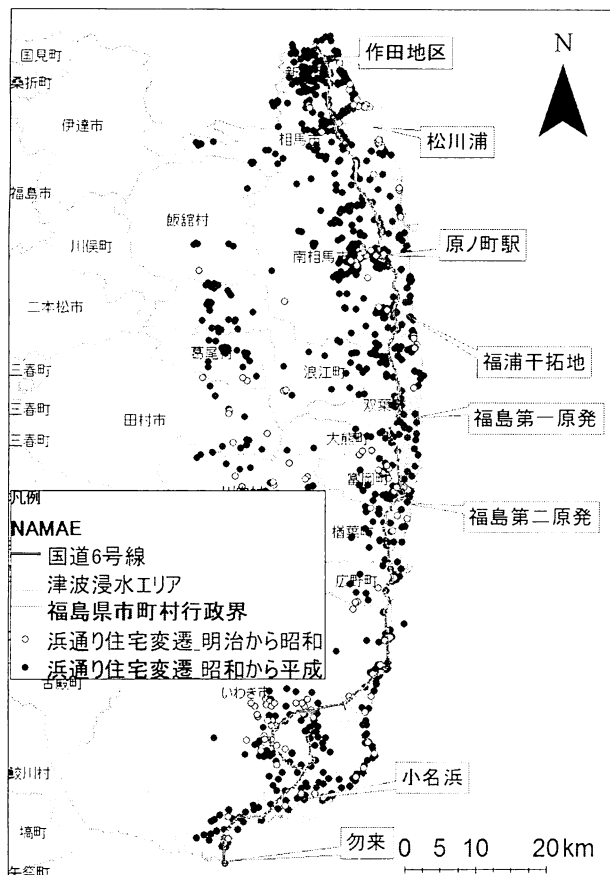


図2. 明治以降の集落変遷と災害履歴

でも水が引かない様子がインターネット上でも確認できる。

双葉地方は明治から昭和にかけて沿岸部での集落増加は相馬・いわき地区に比べ少ない。しかし昭和から平成にかけて福島第一原子力発電所が立地した周囲と、富岡町の富岡駅・夜ノ森駅周辺、福島第二原子力発電所周辺に集落が増加している。楡葉町の平野部では昭和から平成間で全体的に集落が増加している。

いわき市では、1800年代末から1960年頃まで常磐炭田の開発とそれに伴う農業・漁業等の第一次産業の発展により、小名浜港の整備が行われた。そのため常磐・平地区と小名浜から市南部の勿来にかけての海岸沿いでは皆とは事業所の立地などで特に集落増加の傾向が見られる。相馬・双葉地方と比較し、いわき地区の集落形成は市街化エリア内がほとんどであり、それ以外の地区への集落形成は少ない特徴を示している。

(b) メッシュデータによる近年の変遷の解析：総務省統計局 HP より平成12年度¹¹⁾と17年度¹²⁾の国勢調査500mメッシュデータをダウンロードし、世帯分布変遷の比較を行なった。平成12年度から17年度までの間、福島県内各市町村において人口集中地区の拡大は見られないものの、居住範囲が広範囲にわたっている。また、人口集中地区の一部で世帯数の減少が見られるが、道路

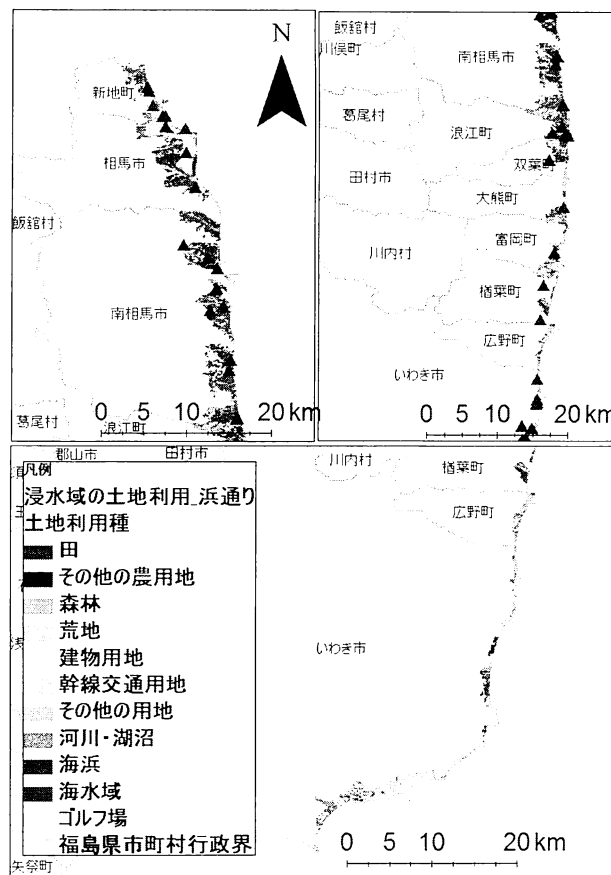


図3. 浸水域の土地利用

に沿って世帯分布が広がっていることが確認できる。浜通り全体で沿岸に近い場所での世帯増加が目立っており、津波発生時の避難場所や避難経路をより細密に検討する必要がある。

(c) GoogleEarth¹³⁾で津波浸水ラインを判読し浸水範囲データを作成した、集落変遷データと既往災害履歴データ、判読ラインから作成した津波浸水エリアを重ねて表示したところ、過去に被害を受けた地域の近辺では、明治から昭和間では集落の形成が少ないものの、昭和から平成間で増加している。津波浸水箇所内の集落の多くは比較的新しく出来た地域であることが分かった。

(4) 浸水域の土地利用

(a) 各地域における被害箇所の土地利用について、国土数値情報ダウンロードサービス¹⁴⁾より平成18年度土地利用細分メッシュデータを取得し、浸水範囲の土地利用について解析した。その結果、相馬・双葉地区では田への被害が最も多く、いわき地区では建物用地への被害が最も多いことが明らかにされた。また、どの地域も次いで森林への被害が大きい被害を示している。

(b) 国土地理院土地・水資源局公開データの20万分の1シームレス土地保全図¹⁵⁾を用いて浸水域の土地利用・植生状況と、土地利用別被害者数を解析した。また、

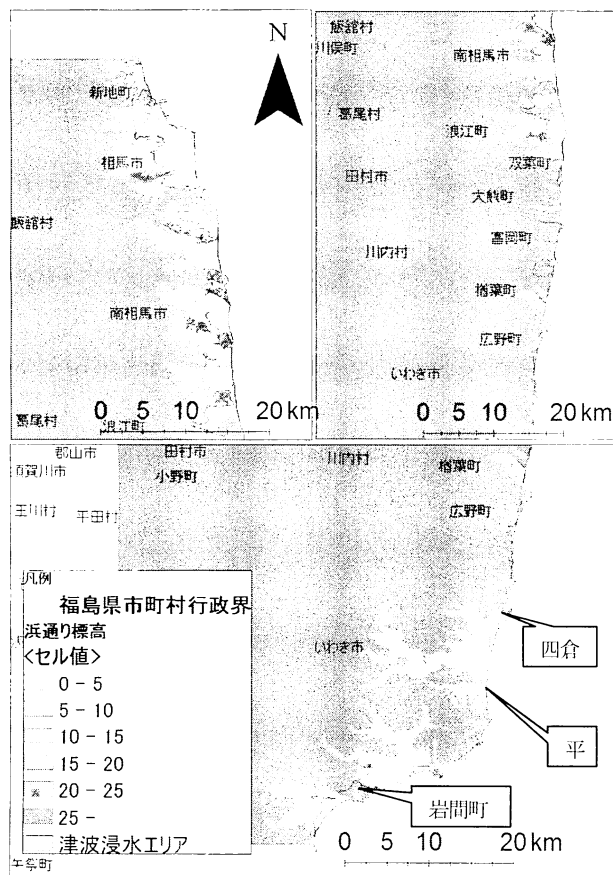


図4. 沿岸部の標高分類

解析で得られた浸水範囲の土地利用・植生区分及びそれぞれの浸水面積を算出した。土地利用別の浸水面積は水田が 59%を占めており、植生の区分がなされている地域は全体の 21%で示された。宅地への浸水は 13%となっているが、被害者の居住地域の土地利用分析より被害者のおよ半数が宅地地域に居住していたことが明らかにされた。

特に相馬市、浪江町、いわき市は宅地地域の居住者が多く犠牲になり、南相馬市では水田地域の犠牲者の割合が最も高く、次いで宅地地域居住者となった。相馬市・いわき市では河辺・湿原・沼沢地植生地域周辺でも犠牲者が多く認められている。

(5) 浸水区域の標高

数値地図情報 50m メッシュ標高データ¹⁶⁾を用いて各地域における津波浸水被害箇所の標高を解析した。標高は 0m から 5m 刻みで 25m までとそれ以上として分類し、それぞれを 1~6 にクラス分けした。浸水範囲はほとんどが標高 10m 以下となっているが、南相馬市では標高

25m 以上の場所でも浸水範囲に含まれている地域が存在している(図4)。

各地域の浸水部について、相馬地方と双葉地方に着目

すると、概ねの浸水範囲は沿岸地形の標高が低い場所に浸水している。双葉地方富岡町などでは標高の高い地域でも深部まで浸水していることが確認できる。いわき地方では津波の高さが他の地域より低かったこともあり、標高が低い地形の場所でも平、四倉、小名浜のように内陸部まで浸水していない。しかしながら、岩間町など河口口近くの地域では、高い標高でも浸水が認められている。

(6) 沿岸部の被害者分布の特徴

福島¹⁷⁾、宮城¹⁸⁾、岩手県¹⁹⁾警察ホームページより震災で犠牲になった方の情報を取得した。住所データからアドレスマッチングサービス²⁰⁾を利用して座標値を取得し、ポイントデータとしてマッピングし沿岸部における津波被害者の居住地分布を分析した。津波浸水範囲に含まれるポイントの抽出結果から被害者の居住地が浸水範囲内外の割合を得た。

被害者の内、浸水範囲内に居住していた人の数は 1215 名 (75.5%)、浸水範囲外の人の数は 394 名 (24.5%) であった。なお、福島県全体の死者を対象とした場合、浸水範囲外の被害者数には須賀川市藤沼ダム決壊災害、白河市、西郷村、いわき市で発生した土砂災害や海岸災害以外に起因する死者 38 名も認められている。

(7) 浸水域からの避難

(a) 沿岸部の小地域地名データと各自治体一時避難所住所データから作成した避難所ポイントデータを用いて浸水域からの避難距離を計算した。

ArcGIS を用いて浸水範囲内の地名ポイントと非浸水範囲の避難所ポイントを空間的に処理し、沿岸浸水域から非浸水避難所への最短距離を算出し、各地域からの最近接避難所として設定した。

(b) 各浸水域からの避難ルートとして、最近接避難所を目的地に設定し、道なりに移動した場合の避難ルートを設定した。地名ポイントから避難所までの経路はできるだけ最短直線距離になるように経路を求めた。

(8) 津波発生時避難危険区域の解析

ArcGIS で各浸水域からの避難ルートの線分距離を計算し避難方法として徒歩(一般、子供・高齢者)、自動車の避難者の移動手段別に公共施設までの避難時間を計算した。また、参考として実際の避難速度の場合も含めて検討した。想定避難速度は中央防災会議の避難シミュレーション²¹⁾における値(一般=1.0m/s、子供/高齢者=0.5m/s)を使用し、自動車の場合は 50km/h と独自に設定した。実際の避難速度については国土交通省東日本大震災による被災現況調査結果による値(徒歩=2.3km/h、車=9.0km/h)を使用した。

表 1. 各地域の避難所要距離・時間

		所要時間(分)					
		距離(m)	一般	子供・高齢者	自動車	徒歩	車
新地町	最短	350.90	5.85	11.70	0.42	9.15	2.34
	最長	4256.00	70.93	141.90	5.11	111.00	28.37
	平均	1880.34	31.34	62.68	2.26	49.05	12.54
相馬市	最短	108.90	1.82	3.63	0.13	2.84	0.73
	最長	7149.00	119.20	238.30	8.58	186.50	47.66
	平均	1902.64	31.71	63.42	2.28	49.63	12.68
南相馬市	最短	222.50	3.71	7.42	0.27	5.80	1.48
	最長	4614.00	76.90	153.80	5.54	120.40	30.76
	平均	1888.61	31.48	62.95	2.27	49.27	12.59
浪江町	最短	246.60	4.11	8.22	0.30	6.43	1.64
	最長	3665.00	61.08	122.20	4.40	95.61	24.43
	平均	1953.91	32.56	65.14	2.34	50.97	13.03
双葉町	最短	288.30	4.81	9.61	0.35	7.52	1.92
	最長	2464.00	41.07	82.13	2.96	64.28	16.43
	平均	1553.98	25.90	51.80	1.86	40.54	10.36
大熊町	最短	872.10	14.54	29.07	1.05	22.75	5.81
	最長	2433.00	40.55	81.10	2.92	63.47	16.22
	平均	1736.31	28.94	57.88	2.08	45.30	11.58
富岡町	最短	992.80	16.55	33.09	1.19	25.90	6.62
	最長	4189.00	69.82	139.60	5.03	109.30	27.93
	平均	2074.44	34.57	69.14	2.49	54.12	13.83
楢葉町	最短	883.40	14.72	29.45	1.06	23.05	5.89
	最長	2491.00	41.52	83.03	2.99	64.98	16.61
	平均	1623.74	27.06	54.13	1.95	42.36	10.83
広野町	最短	318.90	5.32	10.63	0.38	8.32	2.13
	最長	1559.00	25.98	51.97	1.87	40.67	10.39
	平均	833.65	13.89	27.79	1.00	21.75	5.56
いわき市	最短	411.04	6.85	13.70	0.49	10.72	2.74
	最長	3799.68	63.33	126.70	4.56	99.12	25.33
	平均	1394.42	23.24	46.48	1.67	36.38	9.30

この避難速度に基づき、各地域から避難所までは設定経路を選択したと仮定、所要時間については徒歩の場合を優先して計算した。それぞれの経路について掛かる避難時間は 10 分刻みで危険度を分類し、避難経路の危険度が確認しやすいようにした。その結果は表 1 に示すとおりである。

3. 考察

解析により得られた結果から東日本大震災による津波の浸水範囲からの避難経路を設定し、所要距離と時間を算出した結果、沿岸に近い場所の避難距離がより長く、避難の際に危険性が高い地域が明らかになった。浜通り全体で避難時間が 5 分未満の地域は 4 箇所、実際の避難速度で計算した場合は 1 箇所のみであった。一般徒歩での避難所要時間が 60 分以上となる地域は福島県沿岸中部から北部にかけて多くなり、18 箇所中 10 箇所が南相馬市小高区となった。

将来、再び今回の様な大規模な津波が発生し、内陸数 km にわたる浸水被害も起こりうるため、今回遡上距離が長かった相馬地方松川浦や南相馬市小高区周辺においては特に対策が必要となる。新地町北部の作田地区には浸水域内に高台があり、避難距離が短縮された地域が存在するため、沿岸地域開発の際は高台を造成することも津波対策として考えられるが、費用面等から実現は困難

である。従って海抜が低い沿岸部では津波に強い鉄筋コンクリート造りの建物を一時避難所として設定するなど構造物による対策が望まれる。

住民の避難速度について中央防災会議で設定された速度を参考に解析を進めたが、国土交通省によるヒアリング調査ではそれよりも平均避難速度が遅い結果を示している。自動車の場合は特に道路の被害状況や渋滞に大きく影響を受け、平均避難速度は時速 9km となっている。特に沿岸部からの避難には自動車での避難についてより安全により速やかに行動できるような取り決めも必要と推測される。

一般の徒歩避難速度の場合、10 分以内に目的避難所へ到達できる地域は 17 地点、子供・高齢者の場合は半数以下の 4 地点、実際の徒歩避難速度の場合で 10 分以内に到着出来る地域は 8 地点、実際の自動車避難速度の場合は 149 地点であった。また、目的避難所まで 30 分以上かかる地域は、一般徒歩の場合 142 地点、子供・高齢者の場合 292 地点、実際の避難速度の場合 255 地点、実際の自動車避難速度の場合 2 地点であった。

平成 23 年度に三重県防災対策部で算出された東海・東南海・南海地震連動発生時の津波到達時間において、50cm 津波到達時間が最短で 3 分、最大津波到達まで 10 分となる地域が明らかにされている²⁹⁾。この場合東北地方太平洋沖地震と同等規模の地震を想定しているが、福島県沿岸において今後東北地方太平洋沖地震と同等クラスの津波が発生し、震源がより近い場所の場合は避難の余裕がなくなる事態も想定される。今後より安全な避難所の配置と整備、また自動車避難を優先する地域を設定するなど避難効率を上げられるような計画策定が求められる。

4. 結論

(1) 浜通りの沿岸津波浸水範囲について解析を行なった結果、明治期以降に集落形成があった地域は沿岸部への立地が多い。人口集中地区である南相馬市原ノ町駅や富岡町夜の森駅周辺、相馬市国道六号線沿いなど、国道や鉄道駅沿いに集中して集落が形成された。

平成 12 年から 17 年までの世帯分布の変遷をみると世帯の分布が広域になると同時に沿岸の世帯が増加していることが明らかにされた。

(2) 沿岸部の標高について解析した結果、相馬地方、双葉地方の多くで低地の内陸部まで広く浸水していることがわかった。いわき地域は 2 地域に比べ遡上距離は短くなることが明らかにされた。

(3) 被害者の居住地について、福島県における震災死者の内 75.5% の人が浸水範囲内に居住していたことが分かった。各自治体の小地域別被害者数と土地利用データ

を用い、相馬、南相馬市の水田・宅地地域で多くの人が犠牲になったことが明らかにされた。

(4) 浸水域からの避難経路の解析を行なった結果、避難所要時間が30分未満の経路、30分以上となる経路、60分以上となる経路に分類し、避難に30分以上掛かる経路は相馬地方、浪江町、双葉町に多いことがわかった。また、広野町においてはすべての設定避難経路が30分未満であった。避難に60分以上を要する経路がある地域は新地町、相馬市、南相馬市、浪江町、富岡町、いわき市である。特に松川浦周辺と小高区から浪江町に集中していることが明らかにされた。

謝辞：本研究は環境省地球環境研究総合推進費（S-8）の研究助成によって行われた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省都市局街路交通施設課都市計画課：東日本大震災の津波被災現況調査結果（第3次報告）～津波からの避難実態調査結果（速報）～，平成23年12月26日。
- 2) 福島県：平成23年東北地方太平洋沖地震による被害状況速報（第529報），平成24年3月1日。
<http://www.pref.fukushima.jp/j/jishin-sokuhou529.xls>
- 3) 福島県消防防災課：福島県災害誌，1972。
- 4) 日本気象協会福島支部：福島の気候百年誌，1995。
- 5) 諸根樟一：石城郡町村史，歴史図書社，1977。
- 6) いわき地域学会出版部：新しいいわきの歴史，1991。
- 7) いわき市：いわき市史 第四巻 近代Ⅱ，1994。
- 8) 双葉町教育委員会：双葉町災害史，1984。
- 9) 国土交通省国土地理院：ウォッチず地図閲覧サービス，電子国土 Web システム，<http://watchizu.gsi.go.jp/>
- 10) 国土地理院：5万分の1地形図
- 11) 総務省統計局 e-Stat：地図で見る統計，平成12年国勢調査 - 世界測地系（500mメッシュ），2000。
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/toukeiChiri.do?method=init>
- 12) 総務省統計局 e-Stat：地図で見る統計，平成17年国勢調査 - 世界測地系（500mメッシュ），2005。
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/toukeiChiri.do?method=init>
- 13) Google：GoogleEarth，2011。
<http://www.google.co.jp/intl/ja/earth/index.html>
- 14) 国土交通省国土政策局：土地利用細分メッシュデータ，平成18年度日本測地系。
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/jpgis/datalist/KsjTmplt-L03-b.html>
- 15) 国土地理院 土地・水資源局 国土調査課：20万分の1シームレス土地保全図，2010。
http://tochi.mlit.go.jp/tockok/inspect/landclassification/land/20_seamless/index.html#attention
- 16) 国土地理院：数値地図情報 50mメッシュ標高 日本一-2，CD-ROM，2001。
- 17) 福島県警察：東日本大震災関連情報 平成24年6月4日。
<http://www.police.pref.fukushima.jp/shinsai/index.html>
- 18) 宮城県警察：震災関連情報 平成24年6月4日。
http://www.police.pref.miyagi.jp/hp/jishin/itai/kakunin/itai_kakunin.html
- 19) 岩手県警察：平成23年東日本大震災津波に伴うお知らせ，平成24年6月4日。
<http://www.pref.iwate.jp/~hp0802/oshirase/kouhou/saigaijyouthou/shisyajyouthou.xls>
- 20) 東京大学空間情報科学研究センター：CSVアドレスマッチングサービス，<http://newspat.csis.u-tokyo.ac.jp/geocode/>
- 21) 中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」：日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震の被害想定について，巻末資料5 避難シミュレーションについて，中央防災会議事務局，2006。
<http://www.bousai.go.jp/jishin/nihonkaikou/houkoku/kanmatsu5.pdf>
- 22) 三重県防災対策部：津波到達時間等一覧表（平成23年度版）平成24年4月25日。
http://www.pref.mie.lg.jp/D1BOUSAI/tsunami/tunami_high_152point_02.pdf