

## 東日本大震災における津波火災の調査概要

## Overview of Field Surveys concerning Tsunami Fire in the Great East-Japan Earthquake

廣井 悠<sup>1</sup>, 山田 常圭<sup>2</sup>, 坂本 憲昭<sup>3</sup>U HIROI<sup>1</sup>, Tokiyoshi YAMADA<sup>2</sup> and Noriaki SAKAMOTO<sup>3</sup><sup>1</sup>名古屋大学減災連携研究センター

Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University

<sup>2</sup>東京大学大学院 工学系研究科 都市工学専攻

Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

<sup>3</sup>東京消防庁

Tokyo Fire Department

In this paper, we discuss a spreading fires in the Great East-Japan Earthquake. In the Great East-Japan Earthquake, many serious spreading fires happened in the Tohoku and Kanto district. According to the report of Fire and Disaster Management Agency, 284 fires happened in the Great East-Japan Earthquake. In Urban area on the Sanriku Coast, many large spreading fires were caused by Tsunami. We call it Tsunami Fire. Characteristics of these fires differ greatly among regions. Typical fires that occurred in the Sanriku coastal region arose from a lot of combustible materials, such as houses and vehicles, which were destroyed and swept away by the tsunami waves toward a mountain, caught fire from a source of fire (domestic and other various fuels) drifted there, and spread into town areas and forests. On the other hand, in plain areas where the population and industries were concentrated, a small number of fuels, such as household gas cylinders and vehicles scattered about the town, joined together into a mass of combustible materials, which are estimated to have made a great contribution to potential outbreak or spread of fires. In any region, it is estimated that tsunami fires were caused by a combination of various potential factors such as an electric leakage, a short circuit, and sparks from a crash.

**Key Words :** *Spreading Fires, Great East-Japan Earthquake, Tsunami-Fires*

## 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、M9.0というわが国の観測史上最大級のものであった。この結果、宮城県栗原市で震度7を観測するなど、東北地方を中心に広範囲にわたって大きな揺れがもたらされ、また各地に到来した大津波によって甚大な被害が記録されることとなった。一方で、この地震によって東北・関東地方の至る所で深刻な市街地火災が多数発生している。一般に、わが国で大規模な地震が発生した直後は、多数の火災が同時多発的に発生する傾向にある。これは関東大震災や阪神・淡路大震災など都市部においてその典型をみることができるが、今回の震災における大規模火災は都市部のみならず沿岸地域およびコンビナート施設周辺においても顕著であった。都市部における地震火災の危険性は過去の事例も豊富にあり、そのメカニズムもある程度既知とされているが、津波被災エリアにおける大規模火災の発生要因は現在よくわかっていない。ところが、津波を起因とする火災はこれまでも数多く発生している。昭和33年の昭和三陸地震では、釜石地区において500戸(公式には294戸)にのぼる家屋が猛火で焼失したとの記録が残っており<sup>1)</sup>、また1993年の北海道南西沖地震時の奥尻島青苗地区における192棟の焼失(焼失面積約5ha)も記憶に新しい<sup>1)</sup>。つまり、今回のような広域的な事例ははじめてであったにせよ、東海・東南海・南海地震の発生が危惧される近い将来、津波被災エリアで大規模火

災が発生する蓋然性はある程度高いものと考えられる。特に今回は全出火点284件の約半数が後に定義する「津波火災」とみられており<sup>1)</sup>、この事例をつぶさに調べ、発生メカニズムを同定し、今後の対策方針を確立することは意義ある試みと考えられる。

そこで本稿では、東北地方太平洋沖地震による火災のなかでも特に沿岸地域で発生した市街地火災に焦点を絞り、1.著者らが行った現地調査(消防機関・消防団・住民へのヒアリング含む)の結果得られた知見を記録として整理することとする。また同時に、2.今後の津波火災の被害予測と対策に資するため、これらの出火要因・延焼要因・消防活動阻害要因・避難阻害要因を現地調査の結果より集約し、構造化する。本研究は以上の2点を主な目的とする調査研究としての意義を持つものである。

## 2. 東日本大震災における火災の発生状況

総務省消防庁の報告によると、東日本大震災に起因する火災は日本全国で284件ののぼり、阪神・淡路大震災の285件とほぼ同程度であるほか、その内訳は多い順に宮城県135件、岩手県34件、東京都31件、茨城県31件となっている(ただし2012年3月13日12:00現在の総務省消防庁報告<sup>2)</sup>より)。表1はこれに従い都道府県別火災件数を示したものであり、また図1は市町村別の火災件数を示したものである(ただし東京23区については区単位で集計)。これらをもみても、沿岸部と大都市

域において特に火災件数が多かったという傾向が確かめられる。

他方で著者らの調査により、延焼面積の大きさもまた阪神・淡路大震災に匹敵することが明らかになった。詳しくは後に譲るが、例えば岩手県下閉伊郡山田町では約 17.3ha が<sup>(1)</sup>、気仙沼市鹿折地区では約 11.4ha が延焼しており、阪神・淡路大震災時における最大の延焼領域(水笠西公園地区、約 9.7ha)を超えた広大な延焼範囲が確認されている。また市街地以外にも津波被災エリアから林野火災に延焼拡大したものが多々あり、地震後の火災の総延焼面積は、東日本大震災が卓越している<sup>(2)</sup>。また人的被害については、警察庁の東北 3 県の 13,135 人の検死結果<sup>(3)</sup>によって焼死者は全体の 1.2%であることが判明している<sup>(3)</sup>。これは 148 名もの人が火災に関連して亡くなっていることを示しており、死者のうち 600 名(全体の 12.8%)近くの人が火に巻かれて亡くなったとされる阪神・淡路大震災以来の大きな被害といえる。このことから、津波で壊滅した直後の市街地火災とはいえ少なくない人的被害が発生しており、今後の積極的な対策の必要性が改めて示唆される。

表 1 都道府県別火災件数<sup>2)</sup>

都道府県名	火災件数(件)
宮城県	135
岩手県	34
東京都	31
茨城県	31
千葉県	16
埼玉県	12
福島県	11
神奈川県	6
青森県	5
その他	3
計	284

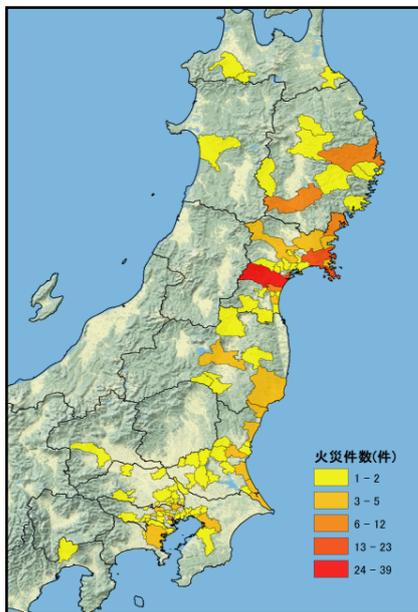


図 1 東日本大震災による火災件数<sup>2)</sup>  
(ただし東京 23 区については区ごとに集計)

### 3. 津波火災の定義と火災調査の概要

#### (1) 津波火災の定義

ここで議論の見通しをよくするために、本稿で用いる用語の定義を行う。はじめに、津波被災エリア(海上含む)において出火もしくは延焼した火災を「津波火災」と定義する<sup>(4)</sup>。またこの単位は実際の出火点の数に

関わらず、ある任意の延焼範囲(焼損した市街地の広がり)1箇所につき1つと計上し、津波火災の延焼面積もこの延焼範囲の面積を計測したものとす。そしてその時間的条件は、大地震によって襲来した津波が市街地を襲ってから1週間程度の火災に限るものとす<sup>(5)</sup>。

#### (2) 火災調査の概要

このもとで著者らは、東日本大震災発生直後から津波火災の実態と被災概要を調べる目的で現地調査を行っている。迅速な現地調査が必要とされた理由は、瓦礫撤去が徐々に行われ火災の痕跡が失われていく中で、延焼範囲の把握や画像・映像情報の確保を急ぎ行い、出火原因の究明や延焼拡大過程の類推に資する資料の収集を目指したことによる。

表 2 主な現地調査の概要

第1次調査	
日時	平成23年3月27(日)–30日(水)
調査主体	東京大学, 京都大学, 東京理科大学
調査対象	大槌町, 宮古市, 山田町, 気仙沼市, 大船渡市
第2次調査	
日時	平成23年4月7(木)–10日(日)
調査主体	東京大学, 消防研究センター
調査対象	久慈市, 仙台市, 石巻市, 名取市

ところで、東日本大震災から約 15 年前の阪神・淡路大震災時においても同時多発火災が至る所で発生し、研究者らによる迅速な現地調査が行われている。当時の手法は、携行した住宅地図に手書きで延焼範囲を記入し、後日写真やビデオ等でその確認・修正を行う手法が一般的であった。ところが阪神・淡路大震災時とは異なり、東日本大震災における火災調査環境の特徴として、災害発生直後は津波によって流された瓦礫・船・自動車が市街地に無秩序に散らばり、現在位置や被災範囲の特定が極めて難しい状況下であったことがあげられる。それゆえ火災調査においても街区や道路を正確に特定することが困難であり、阪神・淡路大震災時と同様の手法による現地調査には限界があった。またその被災範囲は広域であり、さらにガソリン不足が叫ばれていた中で最小の人員のもとで短時間かつ効率的に延焼範囲を把握する必要があった<sup>(6)</sup>。そこで本調査は地震時の火災調査として初めての試みとして、GPSを用いた延焼範囲と延焼面積の同定を行った。その概要は図2の如く示される。

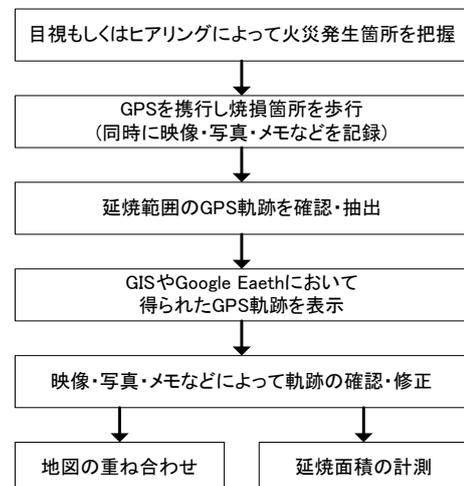


図 2 本研究における延焼範囲の同定と延焼面積計測

表3 東日本大震災の市街地火災延焼面積<sup>(9)</sup>

東日本大震災	
地区名	延焼面積(m <sup>2</sup> )
野田村	508
大槌町 上町・本町・末広町	159,374
大槌町 大槌中学校	4,294
大槌町 マスト	14,934
大槌町 赤浜地区	9,900
宮古市 田老(ケラス)地区	9,947
山田町 陸中山田駅周辺	173,342
山田町 大沢地区	2,318
山田町 織笠地区	3,001
山田町 田の浜(1)	5,432
山田町 田の浜(2)	4,457
山田町 田の浜(3)	8,240
大船渡市	2,068
気仙沼市 鹿折地区	114,175
気仙沼市 浪板(1)	1,017
気仙沼市 浪板(2)	1,572
気仙沼市 浪板(3)	439
気仙沼市 浪板(4)	3,870
気仙沼市 浪板(5)	2,395
気仙沼市 浪板(6)	2,212
気仙沼市 大浦地区	21,924
気仙沼市 小々汐(1)	7,446
気仙沼市 小々汐(2)	6,416
気仙沼市 小々汐(3)	2,289
気仙沼市 小々汐(4)	3,532
気仙沼市 小々汐(5)	2,691
気仙沼市 二の浜	3,451
気仙沼市 弁天町(1)	50
気仙沼市 弁天町(2)	305
気仙沼市 弁天町(3)	2,535
気仙沼市 弁天町(4)	337
気仙沼市 弁天町(5)	108
気仙沼市 弁天町(6)	326
気仙沼市 弁天町(7)	1,973
気仙沼市 弁天町(8)	1,109
気仙沼市 弁天町(9)	267
気仙沼市 弁天町(10)	175
気仙沼市 内の脇地区	39,976
南三陸町 志津川	20,789
石巻市 門脇小付近(1)	32,792
石巻市 門脇小付近(2)	18,913
石巻市 門脇町 車両	334
石巻市 門脇町 港近辺(1)	1,966
石巻市 門脇町 港近辺(2)	1,096
石巻市 門脇町 アパート	275
石巻市 蛇田地区	334
仙台市 青葉区住宅	60
仙台市 泉区住宅	66
仙台市 宮城野区 港四丁目車両流通センター(1)	1,986
仙台市 宮城野区 港四丁目車両流通センター(2)	117
仙台市 宮城野区 港四丁目倉庫	3,676
仙台市 宮城野区 蒲生一丁目	1,580
仙台市 宮城野区 蒲生二丁目物流センター	2,126
仙台市 宮城野区 蒲生二丁目市街地	7,924
仙台市 宮城野区 牛小舎	1,893
名取市 関上地区 ホーム前	10,190
名取市 関上地区 平田橋付近	42,000
亶理町 吉田	2,879
いわき市 久ノ浜地区	14,687
合計	784,088

はじめに、津波被災エリアを車で出来る限りまわり目視によって、または適宜住民ヒアリングを繰り返してその情報をもとに、火災発生箇所を把握する。火災発生箇所を発見すると、調査にあたって調査者がGPSを持ち、地面の焼損状況なども確認しつつ延焼領域の外周をまわる。これによってその軌跡がGPS上で確保され、この軌跡データを抽出し地図データと重ね合わせることで延焼範囲の同定が可能となる<sup>(7)</sup>。さらに、GISを用いてこの延焼範囲の面積を導出することで、津波火災による延焼面積の計測が可能となる。これを繰

表4 阪神・淡路大震災の市街地火災延焼面積<sup>(10)</sup>

阪神・淡路大震災	
地区名	延焼面積(m <sup>2</sup> )
須磨区 太田中学校北	4,000
須磨区 太田中学校南	7,000
須磨区 大田4丁目	1,000
須磨区 横綱ビル	2,000
須磨区 千歳小公園周辺	14,000
須磨区・長田区 西代市場周辺	34,000
須磨区・長田区 水笠西公園周辺	97,000
長田区 高橋病院周辺	62,000
長田区 日吉町2丁目	3,000
長田区 新長田駅南	35,000
長田区 神戸デパート南	36,000
長田区 細田町4丁目	4,000
長田区 御船通2・3・4丁目	15,000
長田区 川西通1丁目	3,000
長田区 御蔵通5・6丁目	20,000
長田区 菅原市場周辺	45,000
長田区 東池尻7丁目	3,000
兵庫区 会下山南	52,000
兵庫区 中道通6丁目	4,000
東灘区 魚崎北5・6丁目	10,000
東灘区 青木駅南	6,000
合計	457,000

り返しながらか被災地をくまなくまわることで、延焼範囲とその面積が求められる仕組みである<sup>(8)</sup>。

### (3) 火災調査の成果

上記のプロセスを経て、津波火災の延焼範囲を把握し、その面積を求めることが可能になった。表3はこの結果、筆者らが求めた津波火災による市街地の延焼面積一覧であり、東日本大震災で発生した津波火災のほとんどが含まれている。なお表4は総務省消防庁消防研究センター(旧自治省消防研究所)が調査した阪神・淡路大震災の市街地火災における延焼面積である<sup>(4)</sup>。このように、阪神・淡路大震災時に確認されたものよりも大きい面積の市街地火災が東日本大震災では発生している。また、阪神・淡路大震災時の神戸市における焼損面積(敷地)の合計は約64.2haと言われており<sup>(5)</sup>、筆者らが明らかにした東日本大震災における津波火災の延焼面積合計が約78.4haであることから、阪神・淡路大震災時における総延焼面積をこえる規模であったことも知ることができる。また一例として図3に大槌町中心部の延焼範囲と浸水範囲を示すが、その延焼範囲は特に高台の際に偏在しており、石巻市(門脇町)や山田町などにおいてもおおむね同様の傾向が見られた。



図3 大槌町中心部の浸水範囲(薄色)、延焼範囲(濃色)

© 2011Google-画像, © 2011 GeoEye, 地図データ© 2011 ZENRIN, 国土地理院]

#### 4. 出火に関する調査結果

次に、出火要因について現地調査の結果をまとめる。筆者らによる表3の全火災における現地調査と消防・消防団・住民によるヒアリングの結果、出火の原因は主に以下のように推定されることがわかった。推定の根拠は、これらが現地調査時、瓦礫とともに残存していたこと、およびヒアリング先からの出火源に関する目撃や推測(公設消防や消防団が主)で挙げられたものであることによる。

1. 破壊された家屋によるもの
2. プロパンガスボンベによるもの
3. 自動車によるもの

破壊された家屋については、地震直後何らかの原因で家屋から火災が発生し、津波によって山際に流されたとの証言が各所で得られており(筆者らのヒアリング調査による。田老、名取、山田など多数)、地震直後あるいはその後に家屋から出火し、または延焼し、それが津波によって火のついたまま移動した事実があったことは間違いないものと考えられる。また、現場には焼損した暖房器具(石油ストーブなど)が数多くみられており、このような火気使用器具が出火源となった可能性も考えられる。他方で電気関係が出火源となる可能性は、地震直後でほとんどの市街地が停電したことや停電から出火までの時間的制約を考えると、漏電・短絡が津波火災の出火原因となった事例はごく少数と考えられる。プロパンガスボンベについては、ボンベから噴出した可燃性ガスが金属間などの衝撃による火花で引火し、出火に至ったと言う証言が各所で得られており、名取の閉上付近ではそのプロセスを映した映像が残されているなど<sup>6)</sup>、衝撃摩擦火花と可燃性ガスの両者が出火の原因となったことが推定される<sup>(11)</sup>。そして自動車については、特に石巻などで自動車からの出火が報告されている(石巻広域消防管轄内28件の火災のうち3件が自動車による出火といわれている<sup>1)</sup>。ところで、北海道南西沖地震においても車両火災が1件発生しているが<sup>7)</sup>、今回の震災直後に日本自動車連盟(JAF)は海水の塩分によって津波による被災車両の電気系統(エンジンやヘッドライトなど)が漏電し、火災が発生する可能性に言及しており<sup>8)</sup>、浸水による電気系統の水損が出火を引き起こしたものと推察される。その他、衝撃による燃料系部品の破損や衝撃による電気系部品の破損なども自動車火災の原因として考えられるが<sup>1)</sup>、今回の震災において被災した自動車の数はおよそ410,000台(青森2,419台、岩手45,047台、宮城125,453台、福島235,712台)とみられており<sup>9)</sup>、1台の自動車から火災が発生する確率そのものはごく低いものと考えられる。

ところで、我が国では地震時の出火件数(もしくは出火率)を予測する試みは昭和40年代前半から行われており、古くは河角の方法や水野の方法から現在では東京消防庁による出火危険度測定まで、様々な方法が考案されている。特にこのなかでも、倒壊率と出火率の関係を用いる手法は長年にわたり利用されてきた<sup>(12)</sup>。ここでは季節係数や火気器具の数量などは考えず、2012年3月13日12:00現在の総務省消防庁報告<sup>2)</sup>を用い、津波被害をうけた市区町村と津波被害をうけなかった市区町村にデータを分類し、単純に全壊棟数と出火件数の関係を見ることとする。結果として、津波被害を受けなかった市区町村においては両者の関係は当てはまりが悪く、決定係数も低かったのに対し、津波被害を

受けた市町村においてはあてはまりがおおむね良く、決定係数 $R^2=0.765$ となった。この回帰式は $y=0.00111x+0.69275$ となる(ただし $x$ :全壊棟数、 $y$ :出火件数)。上記の理由として、今回の震災において津波火災は上述したメカニズムで出火するものと考えられるため、その出火件数は壊れた・流出した家屋の数や津波被害を受けた被災面積の影響を受けると考えられる。すなわちこれらを全壊棟数が代替した結果、当てはまりが良くなったものと考えられる<sup>(13)</sup>。図4はその概要を示すものであるが、回帰直線より出火件数が多い多賀城市はコンビナート火災が深刻であり、逆に回帰直線より出火件数が少ないいわき市は余震などによる建物倒壊が多かった地域である。他方で、今回の震災で津波被災エリア外の出火要因は1.余震で蟻燭が倒れて出火する、2.シンナーがこぼれて出火する、3.落下した天井(断熱材被覆)に非常灯が接触し出火に至る、4.タンスがガスコンロ上に倒れてスイッチが入り点火する、5.薬品庫・工場からの出火などであることが分かっている<sup>1)</sup>。

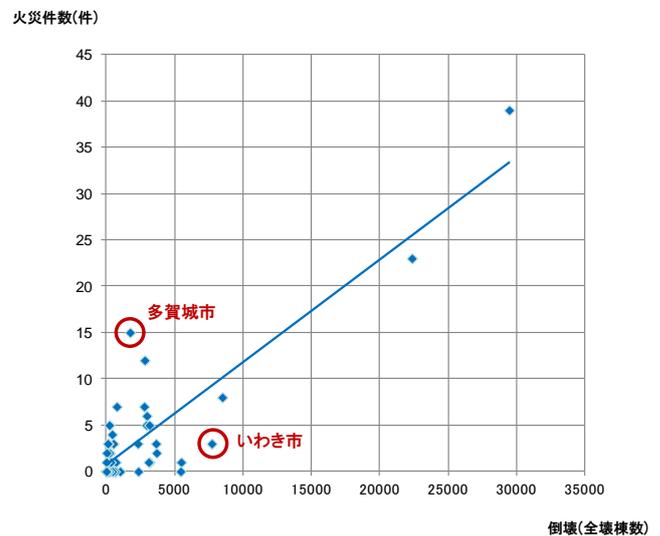


図4 市区町村別の全壊棟数と火災件数 (津波被災自治体のみ)

#### 5. 延焼に関する調査結果

次に延焼要因について整理する。現地調査およびヒアリング調査の結果、上記のような原因で出火した火災は、津波によって流出した屋外タンクからのオイル、ガスボンベから噴出した可燃性ガスによって拡大し、また瓦礫などの可燃物も豊富にあったため、それらが燃えたまま津波に乗って流れたものとみられる。すなわち、延焼(拡大)要因として1.ガスボンベ等から噴出した可燃性ガス、2.屋外タンクから流出したオイルなど、3.瓦礫など、4.建築物、5.船舶、6.自動車、7.山林などが挙げられる。

可燃性ガスについては既に前項で記述済であるが、現地調査においては各地で焼損したガスボンベが散見され、出火のみならず延焼拡大要因としても作用したのと考えられる。例えば大槌町では、筆者らが行った消防団へのヒアリングにより「市街地火災継続中はプロパンガスボンベの爆発音がひっきりなしに聞こえた」という証言が得られている。また、既存研究において気仙沼ではオイルが延焼拡大要因となったものと

みられているが<sup>1)</sup>、ここでは多数のタンクからオイルが流出している事実が明らかになっている。筆者らのヒアリングによると気仙沼の屋外タンク 23 基中 22 基が流出しており、その内容物はガソリン 1,535kl、軽油 1,958kl、灯油 498kl、重油 7,539klであったと推定される。このように、タンクの貯油種としては船の燃料となる A 重油が支配的であることが判明している。一般に重油は着火温度が高く、流出しても容易に着火炎上しにくい、今回の場合は浮遊物である瓦礫などを媒介し、市街地火災延焼を助長した可能性が高い。筆者らはこの仮説をもとに 2011 年 8 月 15・16 日に火災実験を行っている。実験の概要は、水を満たした容器に A 重油を混ぜ、木材を浮かべて燃焼させるものである。その結果、木材が蠟燭の芯のような役割を果たし、燃焼が長時間継続することが確認されている。実際、気仙沼の延焼エリアの中には建築物のある高さより上部分のみが火災によって焼損している例も見られているが、これは海上で発生した火災によって、建物上部のみが燃えたものとみることができる。



図5 火災実験の概要(2011.0815-16)

他方で、建築物の焼損は木造・鉄骨造・RC 造など構造によらず各所でみられている。特に山田町などでは「道路を埋めた流木が導火線となり、家屋から家屋へと次々と延焼していった」という証言も得られており、市街地の火災安全性能が津波による被害と瓦礫の散乱によって十分に確保されなかった可能性を示唆している。それとともに耐火性能を有した建物の焼損も津波被災エリアでは目立っている。例えば、石巻市の門脇小学校は RC 造かつ避難場所でありながらも大規模に焼損している。筆者らは消防とともに門脇小学校の内部調査を行ったが、小学校校庭に燃えた自動車の瓦礫が散見されるほか(津波襲来前に住民が自動車で小学校に避難してきたという)、東側(写真 1 正面から見て右側)は 1 階から 3 階まで焼けているが、西側は 1 階部分が浸水しており、3 階部分が延焼していることがわかっている。他方で、1F 西側部分、および西側階段室部分は全く火災被害を受けていない。1 階部分は浸水によって延焼を免れた可能性があり、階段室は防火区画が機能していたと考えられる。なお東側階段室は延焼している。他方で、気仙沼では津波避難ビルの避難口となる入り口付近が焼損している例も見受けられた。これらは火のついた瓦礫や自動車などが津波によって流されたのちに、RC 造建築物によってせき止められ、あるいは建物内部に侵入し、延焼に至ったものと推察される。一方

で延焼を阻止した要因に目を向けると、津波による開口部などの被害がなかった RC 造の建築物や瓦礫の流出が食い止められた一定以上の高低差がある場所において焼け止まりが見られた。後者は津波による浸水などの被害を防ぐ上で重要な役割を果たすが、津波火災の延焼拡大防止の上でも、重要なキーワードになりそうである。

船舶については、気仙沼などで焼損した船舶が散見され、また筆者らが行った住民ヒアリングでは火のついた船舶が湾を回遊し、さらなる出火源になったとの証言も得られており、延焼の原因となったことが推察される。なお、北海道南西沖地震においても船舶火災は 2 件発生している<sup>7)</sup>。自動車については、ほとんどの津波火災延焼範囲において焼損した自動車が見つかっており、石巻市門脇町では住民によって自動車の延焼が目撃されているほか、山田町では同じく住民ヒアリングによって「自動車を介することで火災が道路を伝って延焼した」との証言が得られている。ところで、ここでは市街地の火災被害を主な対象としているため、山林火災による記述は原則除くものの、大槌町などの事例においては山林火災によって高所にある避難所周辺にまで火災が到達しており、一歩間違えば少なくとも被害が出た可能性もある。この点も今後の対策の必要性が示唆されている。



写真 1 石巻市門脇地区  
(2011 年 4 月 10 日撮影)



写真 2 石巻市門脇地区門脇小学校：3F  
(2011 年 6 月 7 日撮影)

## 6. 避難行動や消防活動の阻害に関する調査結果

津波火災からの避難行動については、多くの住民が津波からの避難行動を津波火災発生前に行っており、津波火災からの避難を必要とする状況は主に次の2ケースと考えられる。

1. 津波からの避難行動を十分に行うことができず、津波被災エリア内の津波避難ビルや建物の上層階に退避したもののそこを津波火災が襲ったケース
2. 津波の襲来に伴い十分な一次避難を行ったものの、津波火災が津波被災エリア外へと延焼し、二次避難を余儀なくされるケース

前者のケースは気仙沼の津波避難ビルや石巻市門脇小学校をはじめとして、いくつかの事例が挙げられる。門脇小学校での一例を示すと、発災後、津波の襲来から逃れるため門脇小学校に避難していた住民は、津波火災の危険性が迫ったため二次避難を余儀なくされている。このときは、門脇小学校の南側校舎と北側校舎を結ぶ2階の渡り廊下のガラスを割って教壇を隣の建物の屋上に置き、ここから裏の高台(日和山)へと二次避難を試みたそうである。門脇小学校のケースは運よく2次避難が可能状況下であったが、避難していた建物によっては周囲を冠水や瓦礫に囲まれて避難できず、焼死した人々もいた。

後者のケースは先述の大槌町の公民館の事例が当てはまるが、このケースは2次避難がある程度容易であり、また消防活動の可能性もわずかながら残されている点が特徴的である。いずれにせよ、安全であるはずの津波避難ビルや避難場所がたとえ津波に対して十分な高さを確保していても、その後の津波火災によって延焼の危険性があるとすれば、その場所は避難場所として不完全であり、今後の対策が待たれる。

他方で消防活動について、筆者らは主に消防機関や消防団からのヒアリングを行っている。結果として、ほとんどの津波火災発生箇所です懸命の消火活動が行われていたが、その実態は津波によってポンプ車や消防施設が被害を受け、冠水や瓦礫に邪魔されて消火活動もままならず、水利の確保にも苦勞するなど、様々な理由から鎮火までに長時間を要していたことが分かった。図6は火災発生件数と鎮火件数の時系列的推移を総務省消防庁報告<sup>10)</sup>の利用により、筆者らがまとめたものである。ここから、火災は地震発生後20時間がピークであり、2日目はほぼ延焼継続、2日半頃(3月13日深夜頃)から減少に向かい、4日目頃(3月15日正午頃)にはほとんどが鎮圧されたことがわかる。

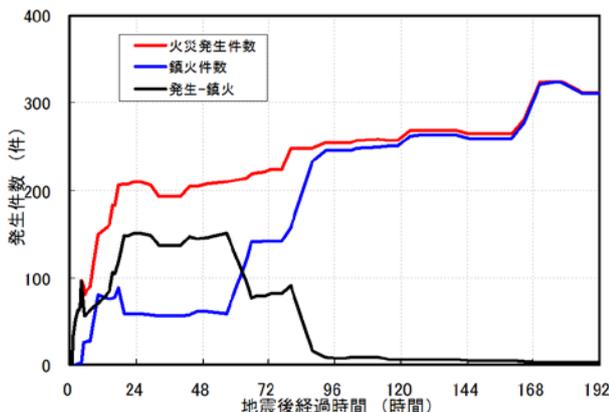


図6 火災発生件数と鎮火件数の時系列推移

具体例をあげると、例えば石巻市門脇町については3月11日15:50頃に出火したのち、地域全体で鎮火が確認されたのは3月23日14:00になるなど、鎮火が確認されるまで実に10日以上を要した<sup>(14)</sup>。また著者らの消防団へのヒアリングから大槌町の例をあげると「火災を覚知したのは当日の夕方であった。その後重機で瓦礫などをかきわけ、自然水利(小鐘川)を用いて消火、延焼阻止につとめたが、燃焼が激しかったことや瓦礫で通行が困難だったこともあり消防活動を行う場所の確保は難しかった」との証言が得られている。また山田町においては「出火点の火災ははじめ小さなものであったが、プロパンガスボンベがどんどん爆発して広がり、消防が崩れた屋根にのぼって消火を試みたが水利不足で消火ができないまま放任火災状態となり、延焼が広がっていった」、「また消防隊も、津波襲来前に消防車を高台に避難させていたが消火栓は使えなかったため、防火水槽を用いたり川をせき止めたりして消火を試みたという。しかし瓦礫によって足場も悪く、周囲も見渡せず延焼は食い止めることができなかった。そして、道路を埋めた流木が導火線となり、家屋から家屋へと次々と延焼していった」、「夜になると火災は勢いを増し、爆発音も次々と聞こえ、また寒さで退避中にホースの水が凍るなど、消火は困難を極めた。結果的に山田町町役場周辺の約500棟が燃えてしまった」という証言が残されている。

## 7. まとめ

以上の記述より、今回の震災においてリアス部でみられた津波火災の一般的メカニズムを視覚的に整理したものが図7となる<sup>(15)</sup>。また、津波火災発生・拡大の要因を構造化したものが図8となる。

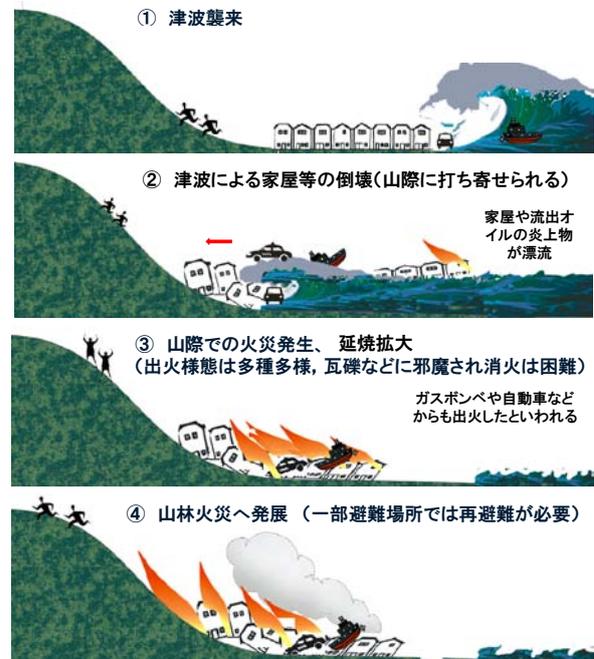


図7 津波火災の一般的メカニズム

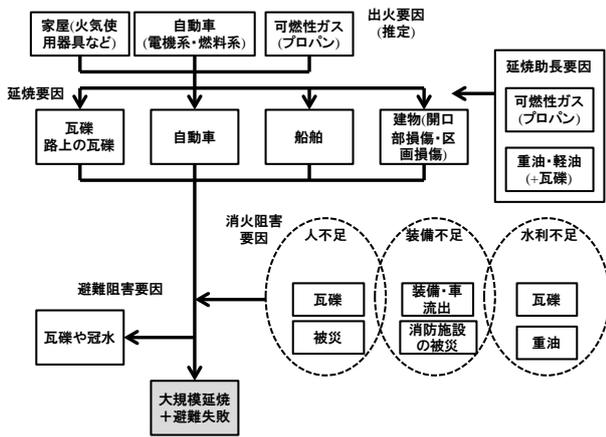


図8 津波火災発生・拡大要因の構造化

さて、それでは津波火災を防ぐためには今後どのような対策を進めればよいのであろうか。はじめに、屋外タンクなど危険物施設の津波対策が挙げられる。気仙沼における事例のように、出火源が何であれ、屋外タンクが流出して海上で火災が発生し、燃えた瓦礫が移動することで広域的な被害を及ぼす可能性もあり、津波被災エリア以外や津波避難ビル等の危険性も増大する。それゆえ、タンクのかさ上げや地中化、再配置など屋外タンクの内容物を津波で流出させない対策が求められる。

今回の震災では最終的に津波被災エリア外や山林に延焼し、大規模な火災被害が各地でみられたことを考えると、津波火災に対する消防力の確保も重要である。山田町の事例でみられたように、どんなに初期火災が小さなものであっても、それに対する消防力が伴わなければ火災は広域に延焼する。このような状況下で優先度の高い選択肢は、やはり残された市街地、つまり高台への延焼を最低限防ぐための戦術であろう。津波襲来後や地震時などにおいては、消火栓も使えず資器材も十分に揃わない中での消防戦術が求められる。それゆえ、高台地区を中心とした自然水利やポンプ車、防火水槽の確保など、津波火災を想定した消防力の再配置を検討する必要がある。

人的被害の軽減に焦点を当てた場合、津波火災を考慮した安全な避難場所の確保が最も重要である。上述のように、一般的に津波火災は高台の際の部分で発生することが多いため、高台の際にある避難場所や避難所は2次避難を可能にする仕組みが確保されねばならない。石巻市門脇小学校で結果的に成功した事例がまさに参考となろう。そして、これは燃えた瓦礫がせき止められて延焼する可能性もある津波避難ビルにおいても同様である。津波避難ビルは付近に高台がないことが前提と考えられ、2次避難が難しいことは想像に難くない。したがって、火災の危険性の大きい地域では津波避難ビルに過度に依存した避難計画はリスクを伴うことを認識せねばならないだろう<sup>(16)</sup>。逆に言うと、周囲に高台が少なく、津波避難ビルに頼らざるを得ない地域については、上述の危険物施設の対策や消防力の確保、避難計画との整合性をはからねばならない。この他、出火の大きな要因とみられるガスボンベ対策の拡充や建物の開口部の強化、ブロック塀などを利用した防火壁の形成、消防活動を行う場所を確保するための重機の準備、住民やポンプ車の適切な避難計画など

数多くの個別対策も同様に効果的である。

本研究は、東日本大震災に伴う市街地火災の中でも特に津波被災エリアを中心とする火災に焦点を絞り、現地調査の結果明らかになった事実とそこから類推される津波火災のメカニズムや原因を整理したものである。特に文中で津波火災の厳密な定義を提案し、現地調査の結果に基づき津波火災の延焼面積(表3)を記録として残し、さらに津波火災が発生・拡大した要因を出火・延焼・避難・消火の各フェイズにおいて構造化し整理した(図7および図8)点が本研究のオリジナリティとなる。今後はこの成果を踏まえ、より詳細な分析の実施と具体的な対策方針の確立が必要とされる。

## 謝辞

本稿で言及した延焼範囲、面積などは現地調査・ヒアリング調査の結果に基づいて筆者らが確認したものであり、推定値であることをここに記します。また本研究をすすめるにあたって、多くの方々より有用な情報を頂きました。特に下記の機関からは調査同行をはじめ、火災発生場所やロジスチック等の調査に不可欠な情報提供を頂いております。記して感謝します。消防庁消防研究センター地震等災害研究室(細川室長)、東京理科大学(関澤教授)、京都大学(田中教授)、神戸大学(北後教授)。なお延焼範囲のマップはGoogle Mapを用いています(「GoogleマップおよびGoogle Earthに関する使用許諾ガイドライン」における「Googleサービスの特定の独自機能を利用」)。

## 補注

- (1) ただし、岩手県山田町陸中山田駅付近については出火点が複数あり、厳密には延焼範囲が重なっていないとみる向きもある。
- (2) 東日本大震災では延焼面積が100haをこえる林野火災も発生しているため、実際の延焼面積はこれより大規模なものと考えられる。なお、以降では主に市街地火災に焦点を絞って記述する。
- (3) なおこの結果により、今回の東日本大震災では津波による死者数が95%と圧倒的に多い点が明らかになっている。
- (4) この定義によると、津波被災エリアから出火して津波被害から免れた市街地を燃やすケースも、津波被害を受けていない市街地から出火して津波被災エリアを燃やすケースも、海上で延焼したケースも全て津波火災に含まれることになる。ただしここでは、津波火災の延焼面積に林野火災は含まれないこととなる。
- (5) 東日本大震災では、災害発生から長期間が経過した後も積み上げられた瓦礫より出火する等の火災事例が頻発しているが、このように定義することにより、それらは本稿で呼ぶ津波火災には該当しないこととなる。
- (6) 例えばこの手法を用いることで、本調査の第一次調査においては5人の調査員のもと3泊4日で9市町村14地域の火災調査を行うことができた。その後の第二次調査以降も同様の方法で成果を得ており、当時どの市町村に火災が発生しているかすら把握が困難な状況であったことを鑑みると、効率的かつ正確な調査ができたものと考えられ、本手法のこのような利点は今後の火災調査手法の参考になるものと考えられる。
- (7) この他、調査中に採取した試料の位置データの記録や、津波被災エリアや標高などの地形との重ね合わせなども容易に行える。
- (8) ただし、筆者らが現地調査を行った時期はまだ市街地に瓦

礫が散乱し、自衛隊や警察が救助活動を行っている時期でもあったため、通行できない箇所がいくつかあった。そのため、一部の延焼範囲は目視や写真によって類推したものであることをここに記載する。また今回は被災地においては高い建物等が少なく、GPS 衛星からの電波の受信は良好であったが、地域特性によっては誤差が生じる可能性もある。そのため、GPS データの確保のみならず、映像や写真を同時に収集することにより後日確認・補正を行う必要がある点には留意されたい。

- (9) 延焼面積などは全て著者らの実地調査によって求めたものである。なお名取市閑上地区平田橋付近の火災は筆者らが辿りついた時には焼損した瓦礫が既に片付けられており、延焼範囲の計測を行うことが困難であった。そのため、この面積については総務省消防庁消防研究センターの調査結果の値を用いている<sup>4)</sup>。
- (10) この表における阪神・淡路大震災の延焼面積は総務省消防庁消防研究センターの調査結果の値を用いている<sup>4)</sup>。
- (11) 1993年の北海道南西沖地震においても、津波火災の発生・拡大にプロパンガスボンベが寄与したことが明らかとなっている。
- (12) これは、家屋の倒壊が出火メカニズムの一つとして考えられることもあるが、倒壊率が地域の揺れの強さを代替する指標と考えられることによる。
- (13) もちろん今回の分析に用いたデータ数は極めて少ないことに加え、回帰はグループの分割がその結果に影響する可能性を本質的に有しており、ここで示した式は十分に津波被災エリアの出火件数を求める道具とはならないことに留意されたい。
- (14) 他方で大槌町については、2011年3月14日の大槌町周辺における航空写真をみると、広く山林から大量の煙が上っている様子が確認できる。これは地震から3日後においても火災は鎮火しないばかりか、大規模な山林火災に発展していることを示したものである。
- (15) ただし名取市など平野部分における津波火災は必ずしもこの限りではないものと考えられる。
- (16) さらにいえば、そのような避難場所や津波避難ビルの防火

区画を、大きな揺れによる被害を前提としたうえで、十分に確保する取り組みも大切である。

## 参考文献

- 1) 日本火災学会東日本大震災調査委員会(2011):「東日本大震災火災等調査報告書(速報版)」, 日本火災学会.
- 2) 総務省消防庁(2012):「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)について(第145報)」, 2012年3月13日.
- 3) 警察庁緊急災害対策本部(2011):「報道発表資料」, 2011年4月19日.
- 4) 総務省消防庁消防研究センター(2012):「第15回消防防災研究講演会資料」, 2012年1月27日.
- 5) 神戸市消防局(1995):「兵庫県南部地震に伴う神戸市における火災概要」, 近代消防, vol402, pp.50-51.
- 6) Escaping Japanese Tsunami VERY CLOSE to death(2011), <http://www.youtube.com/watch?v=irNAFv7a3Ew>.
- 7) 奥尻町(2009):「よみがえる夢の島 北海道南西沖地震災害と復興の概要」.
- 8) 日本自動車連盟(2011):「被災による冠水車両の火災防止について」, JAFホームページ, 2011年3月13日, [http://www.jaf.or.jp/profile/news/file/2010\\_45.htm](http://www.jaf.or.jp/profile/news/file/2010_45.htm).
- 9) 日刊自動車新聞(2011):「被災車両は41万台規模に」, 2011年4月19日.
- 10) 総務省消防庁(2012):「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)について(第1報~第103報)」.
- 11) 山田常圭, 廣井悠, 坂本憲昭(2011):「三陸沿岸市街地の津波火災の発生状況」, 火災, No.313, pp.18-22.
- 12) 廣井悠, 山田常圭, 坂本憲昭(2011):「東日本大震災に伴う大規模火災の概要-山田町, 名取市, 石巻市について-」, 火災, No.313, pp.23-27.
- 13) 廣井悠, 坂本憲昭, 山田常圭(2011):東日本大震災における津波火災の概要と特徴, 地域安全学会梗概集, No.29, pp1-4.
- 14) 山田常圭, 廣井悠(2012):東日本大震災における津波火災の概要とその対策, 都市問題, 東京市政調査会, No.104, pp.58-67.  
(原稿受付 2012.05.18)  
(登載決定 2012.09.16)