

# 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震後の津波火災に関するアンケート調査 Questionnaire Survey on Tsunami Fires after the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake

廣井 悠<sup>1</sup>  
U HIROI<sup>1</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

In this paper, we discuss a questionnaire survey concerning Tsunami Fires after the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake. According to the report of Fire and Disaster Management Agency, 330 fires happened in the Great East-Japan Earthquake. But the standards of the calculation differ for every area. In our investigation, it turned out that there were 149 tsunami fires in flood area. And compared with an ordinary earthquake fire, a tsunami fire has serious damage.

**Keywords :** tsunami fires, East Japan Great Earthquake, questionnaire survey

## 1. はじめに

筆者らは、東日本大震災時に発生した地震火災について質問紙調査を行っている。ここでは北海道を除く東日本 1 都 16 県の全消防本部に対して、2011 年 3 月 11 日から 2011 年 4 月 11 日までに発生した 1 カ月間の火災概要を尋ねており、回収率は 2013 年 3 月時点で 257 本部(86.5%)である<sup>(1)</sup>。本報ではこの中でも特に、津波浸水区域内で発生した火災について報告したい。

## 2. 津波浸水区域内の火災概要(出火概要)

2013 年 3 月時点において各消防本部から得られた回答を集計した結果、調査対象となる火災は 2,699 件となった。このうち津波浸水区域内の火災は 167 件となるが<sup>(2)</sup>、放火など明らかに津波が火災の原因となっていないものなど<sup>(3)</sup>がここには含まれる。そこで、これらを浸水区域内で発生した火災から除いた結果、津波が原因で出火したと思われる火災は 149 件となった(以下、本報告ではこの 149 件を津波火災と便宜的に呼び、分析対象とする)。その内訳は、青森県 4 件、岩手県 21 件、宮城県 98 件、福島県 12 件、茨城県 9 件、千葉県 5 件である(図 1)。またその発生日時も、3 月 11 日中に発生したものは 82 件であり、半分程度が当日以降に出火したものであることが明らかになった(図 2)。なお 3 月 14 日までに発生した火災は 110 件、3 月 21 日までに発生した火災は 118 件となっており、4 月中に出火した火災が 9 件ある(ただし出火時刻不明の 7 件を除く)。出火要因を詳しく述べたい。3 月 11 日に出火した火災は「津波による倒壊家屋等のがれきから出火し、延焼したもの」、「津波による浸水域内の住宅と周辺に流れ着いた車両が燃えたもの」、「津波により車両が水没し、電気配線から出火したもの」などの出火要因が多く、「津波により大型トラックが横転、数時間後出火し全焼した。バッテリーのショートによる」などの事例も含めると、瓦礫や車が津波によって押し流され、堆積して延焼したもの、もしくは車が水没してその後電気配線などから出火したものとみることができる。他方で、4 月中に出火した火災の出火要因は「津波により冠水した電力量計内の配線に塩分が付着し、絶縁低下または、腐食により発熱し出火」、「津波により漂着した車両の配線類から出火し、住宅へ延焼」など電気配線からの出火が特に多くなっている。この傾向は、津波襲来後時間が経過すればするほど顕著となる。表 1 には未回答や「不明」という回答のみのも

のを除いた、津波火災の出火原因を示す。

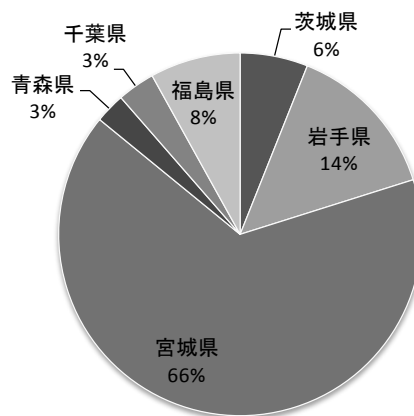


図 1 津波火災の県別内訳(N=149)

## 3. 津波浸水区域内の火災概要(車両・建物出火)

従来の地震火災と異なり、今回の津波火災は建築物のみならず車両からの出火報告が多くみられる点が特徴的である。そこで津波火災全 149 件を火災種別に整理した結果、建物火災は 60 件、車両火災は 32 件、船舶が 1 件、その他(田畑など、不明含む)が 54 件となっており、建物火災の約半分の車両火災が発生している<sup>(4)</sup>(図 3)。図 4 は地域ごとに津波火災の火災種別を分類したものである。岩手県に林野火災が、宮城県に船舶火災が確認できるほか、岩手県、福島県は比較的車両火災が少ない傾向が見られる。数こそ多いものの、茨城県、青森県、千葉県に比べると宮城県も車両火災の割合が高いわけではない。これは岩手県、宮城県、福島県とその他の県に襲来した津波の勢いが違うことに起因すると考えられる。上記 3 県を襲った津波は非常に強い勢いのものであった。そのため、押し流される瓦礫の量は極めて多く、この瓦礫が山際等に堆積して火災の発生に至ったケースが多いと思われる。他方で、車両による津波火災の発生は多くの電気配線からの出火などであり、津波が到達さえしてしまえば、その勢いの強弱はそれほど出火確率に大きな影響を与えるものではない。

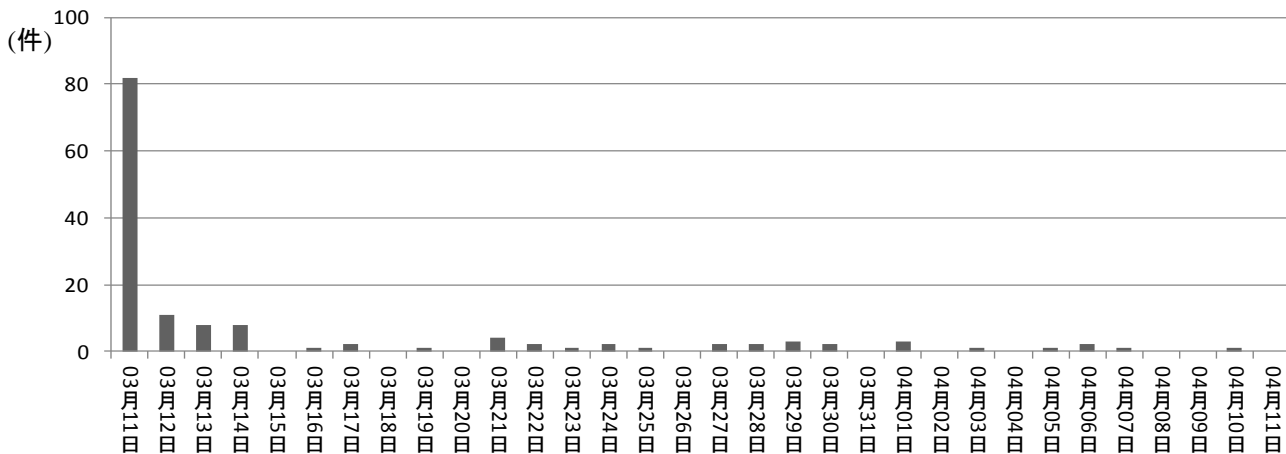


図2 津波火災の出火日時(N=142)

建物火災 58 台，車両火災 1069 台，船舶火災 7 台，その他火災 136 台であった。

続いて，建物火災 60 件の内訳を調べた結果，その他 1 件，不明 1 件を除くと非木造が 23 件，木造が 11 件であった(図 5)。つまり，木造建築物に比べて非木造建築物がより津波火災の火元となりやすいことがわかる。なお，ここでの木造建築物はほとんどが住宅用途であったが，他方で非木造建築物は共同住宅や工場，イベントホールなどが主な用途であった。

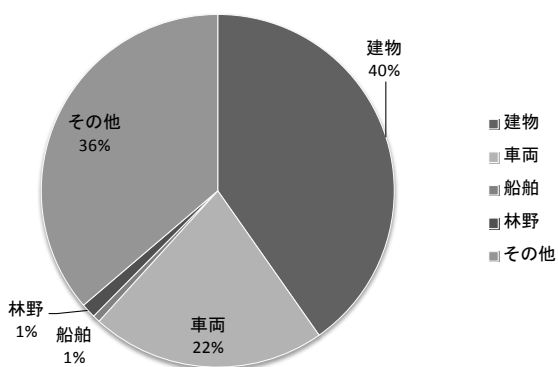


図3 津波火災の火災種別(N=149)

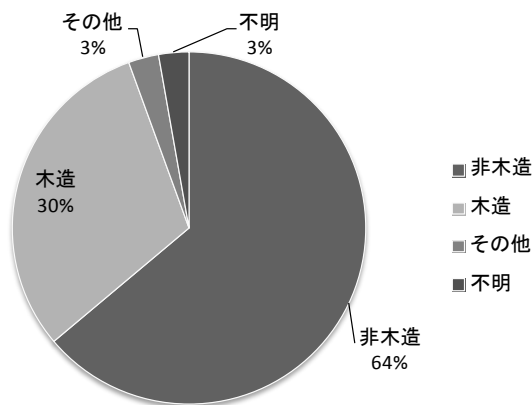


図5 津波火災の火元建築物の構造(N=36)

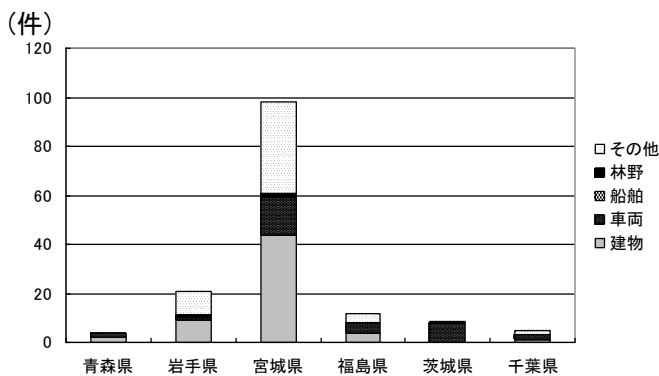


図4 津波火災の火災種別・県別(N=149)

事実，車両による津波火災は青森県 2 件，岩手県 1 件，宮城県 15 件，福島県 4 件，茨城県 8 件，千葉県 2 件と，津波の勢いよりむしろ自動車の密度や都市化の程度に影響を受けているようにも感じられる。いずれにせよ，車両に関する津波火災は津波浸水エリア全体で発生可能性が高く，他方で建物に関する津波火災は比較的津波の勢いの強い地方で発生しやすいと推測できる。またアンケートでは火災による被害を火災種別ごとに尋ねているが，そのうち焼損棟数は建物火災 798 棟，車両火災 1 棟，その他 138 棟，焼損床面積が建物火災 105,236.5 m<sup>2</sup>，その他火災が 60,433.4 m<sup>2</sup>，山林・枯草等焼損面積は建物火災が 1,928,600 m<sup>2</sup>，林野火災が 1,363,400 m<sup>2</sup>，焼損車両数が

また同様に，建物火災60件の中から火元の建築物の高さが判明している34件の内訳を調べた。この結果，1階の建築物からの出火が15件，2階の建築物からの出火が14件となっているが，中には9階，10階のような高層建築物からも出火している。上記より，1.木造建築物のみならず，津波の勢いに耐える可能性の高い非木造建築物であっても，燃えた瓦礫の流入などによって津波火災の火元建物となってしまっている，2.高層建築物も津波火災の火元となってしまっている，という2点が明らかになった。現在，津波避難ビルの指定基準として，鉄筋または鉄骨鉄筋コンクリート造であること，新耐震基準に適合していること，4階以上または屋上を有する3階建の建築物であること，外部から避難できる経路があること，ホームページの公表や看板の設置が可能であること，等々が定められている。しかし，重油タンクの近くやプロパンガスボンベや自動車などが多量に存在するなど，

表1 主な津波火災の出火原因（不明、未回答を除く）

No	県	火災種別	発生日	発生時刻	出火要因
1	青森県	建物	3月12日	6時25分	工場内のフォークリフトの配線が津波により絶縁不良状態となり発熱、被覆配線に着火したものの津波により収容物である生石灰が浸水し化学変化により発熱、合成樹脂製のコンテナパックが発火したもの
2	青森県	建物	3月12日	8時30分	津波による冠水により、バッテリーターミナル部分でトラッキング現象が発生。配線被覆に着火したものの
3	青森県	車両	-	-	不明（体育館屋根まで津波浸水後出火）
4	岩手県	その他	3月11日	15時30分	不明（津波により住宅屋根に設置されたHV車から出火）
5	岩手県	その他	3月14日	20時15分	津波による浸水域内の住宅と周辺に流れ着いた車両が燃えたもの
6	岩手県	その他	3月11日	17時0分	津波で被災した水産加工場周辺に流れ着いた瓦礫等から出火し工場を含む付近一帯が焼損したものの
7	岩手県	その他	3月11日	18時0分	津波で被災した工場周辺に流れ着いた瓦礫等から出火し工場及び周辺施設を焼損したものの
8	岩手県	その他	3月12日	7時20分	津波による倒壊家屋等のがれきりから出火した状態で空地に漂着し、延焼したもの
9	岩手県	建物	3月11日	15時20分	津波による倒壊家屋等のがれきりから出火し、延焼したもの
10	岩手県	建物	3月11日	15時25分	津波による倒壊家屋等のがれきりから出火した状態で道路に漂着し、延焼したもの
11	岩手県	建物	3月11日	15時25分	津波による倒壊家屋等のがれきりから出火した状態で空地に漂着し、延焼したもの
12	岩手県	建物	3月11日	15時30分	津波による倒壊家屋等のがれきりから出火した状態で空地に漂着し、延焼したもの
13	岩手県	建物	3月11日	15時30分	津波による倒壊家屋等のがれきりから出火した状態で空地に漂着し、延焼したもの
14	岩手県	建物	3月11日	15時30分	津波で押し流され、空地に漂着したがれきりから出火し、山林に延焼したもの
15	岩手県	建物	3月11日	15時30分	津波で押し流され、道路に漂着したがれきりから出火し、山林に延焼したもの
16	岩手県	林野	3月11日	15時30分	津波で押し流され、道路に漂着したがれきりから出火し、山林に延焼したもの
17	岩手県	その他	3月11日	18時0分	津波で流され損壊した車両から出火したもの
18	岩手県	建物	3月13日	0時45分	津波で被災した無人の併用住宅から出火し、延焼したもの
19	岩手県	建物	3月21日	22時30分	津波で被災した共同住宅から出火し、延焼したもの
20	岩手県	車両	3月12日	20時5分	津波によるショート
21	宮城県	建物	3月11日	16時30分	流出し出火した瓦礫（車両）から建物へ延焼したもの
22	宮城県	建物	3月11日	17時10分	流出した車両から出火し延焼したもので、建物の損害が大きいもの
23	宮城県	建物	3月11日	18時0分	流出した車両から出火し延焼したもの
24	宮城県	その他	3月11日	17時10分	津波により流出した瓦礫（車両約100台）焼損し、工場の壁体が延焼したもの
25	宮城県	建物	3月11日	16時20分	東北地方太平洋沖地震で発生した津波の影響により、流れてきた瓦礫からの出火であり、どのような状況で火が点いたかは判定できず、何らかの火源が瓦礫に着火し燃え広がったものと推定する。
26	宮城県	その他	3月11日	16時30分	東北地方太平洋沖地震で発生した津波により、流れてきた瓦礫からの出火と考えられ、どのような状況で火が点いたかは判定できず、何らかの火源が瓦礫に着火し燃え広がったものと推定する。
27	宮城県	その他	3月11日	15時56分	東北地方太平洋沖地震で発生した大津波により、破壊され流出した瓦礫等からの出火であり、どのような状況で火が点いたかは判断できず、何らかの火源が何らかの着火物に着火し燃え広がったものと推定する。
28	宮城県	建物	3月11日	16時50分	津波で荷搬室中央付近に流され、高さ2メートル位に浮いていた乗用車が海水に冠水したことにより電気配線及び基盤等が腐食してショートし、飛び散った火花が何らかの着火物に着火したものと推定する。
29	宮城県	建物	3月11日	17時55分	東北地方太平洋沖地震で発生した津波により、大津波の影響で燃えた瓦礫が流されてきて衝突し、2階外壁に延焼し火災に至ったものと推定される。
30	宮城県	建物	3月11日	17時55分	津波の影響で流れてきた瓦礫や車両、船舶、温室が燃えた火災であり、どのような状況で火が点いたかは判定できず、焼損物も移動されており、何らかの火源が何らかの着火し火災に至ったものと推定する。
31	宮城県	その他	-	-	津波の影響により流れてきた瓦礫からの出火であり、どのような状況で火が点いたかは判定できず、何らかの火源が瓦礫に着火し燃え広がったものと推定する。
32	宮城県	その他	3月12日	19時0分	津波の影響で流れてきた瓦礫からの出火であり、何らかの火源が瓦礫に着火し燃え広がったものと推定する。
33	宮城県	その他	3月13日	14時0分	津波の影響により流れてきた瓦礫からの出火であり、浸水場所の水が引き、他の瓦礫が火源が接触し、燃え広がったものと推定する。
34	宮城県	その他	3月14日	17時0分	津波の影響で流れてきた瓦礫からの出火であり、どのような状況で火が点いたかは判定できず、何らかの火源が瓦礫に着火し燃え広がったものと推定する。
35	宮城県	建物	-	-	津波で流されてきた瓦礫が何らかの火源で着火し、住宅に延焼したものと推定する。
36	宮城県	建物	3月21日	15時34分	津波により倉庫内まで流された4tトラックから出火。海水により腐食した配線器具の異常で出火
37	宮城県	建物	3月11日	15時48分	津波により漂着した車両から出火し、建物に延焼
38	宮城県	その他	3月11日	15時50分	津波により車両が水没し、電気配線から出火
39	宮城県	建物	3月11日	15時50分	津波襲来後に複数箇所から出火、同地域56100mを焼損
40	宮城県	建物	3月11日	16時0分	津波により漂着した車両から出火し、建物に延焼
41	宮城県	建物	3月11日	16時0分	津波により漂着した車両から出火し、建物に延焼
42	宮城県	建物	3月11日	16時0分	津波により倒壊した建物から出火
43	宮城県	建物	3月11日	15時30分	津波により倒壊した建物から出火
44	宮城県	その他	3月11日	16時50分	津波により倒壊した建物から出火
45	宮城県	建物	3月11日	17時0分	津波で漂着した大型冷凍車の運転席内で、車両の電気配線のスパークにより滞留したLPガスに引火爆発したもの
46	宮城県	その他	3月11日	16時45分	津波により漂着した車両から出火したもの
47	宮城県	その他	3月11日	17時50分	津波により漂着した瓦礫から出火
48	宮城県	その他	3月11日	19時20分	津波により漂着した瓦礫から出火
49	宮城県	建物	3月11日	16時5分	津波により漂着した瓦礫から出火
50	宮城県	建物	3月12日	0時20分	津波により漂着した車両から出火し、建物に延焼
51	宮城県	その他	3月22日	23時5分	津波の浸水を受けた深夜電力用タイムスイッチ内で配線が短絡し出火
52	宮城県	建物	4月1日	0時3分	津波により冠水した電力量計内の配線に塩分が付着し、絶縁低下または、腐食により発熱し出火
53	宮城県	建物	4月1日	21時27分	電気メーター内電線の短絡
54	宮城県	その他	4月5日	16時30分	津波により冠水した電力量計内の配線に塩分が付着し、絶縁低下または、腐食により発熱し出火
55	宮城県	建物	4月6日	0時8分	津波により漂着した車両の配線類から出火し、住宅へ延焼
56	宮城県	建物	4月6日	19時11分	電球の口金部に塩害が発生し、配線がスパークし配線被覆に着火したもの
57	宮城県	建物	3月28日	17時14分	電気スパーク
58	宮城県	その他	3月30日	8時30分	断線劣化による発熱
59	宮城県	建物	3月	-	高温物接触
60	福島県	車両	3月11日	19時50分	津波により乗用車が海水に浸り、電気配線に不具合が起き、漏電若しくはショートしたものと推定
61	福島県	その他	3月11日	15時50分	地震及び津波に起因し出火したものと推定
62	福島県	建物	3月11日	14時49分	地震により発電所サービスマン4階の電源室内の空調切替電源盤下部より出火したが原因は特定に至らない
63	福島県	車両	3月11日	15時50分	津波に押し流されたジェットバックカー2台が衝突、バッテリー部分から出火したもの
64	福島県	車両	3月11日	20時35分	津波により大型トラックが横転、数時間後出火し全焼した。バッテリーのショートによる
65	福島県	車両	3月14日	14時25分	3月11日の津波により横転し流された移動式クレーンの電解液が流出、内部ショートし出火、被災した屋外タンクから流出した重油に引火延焼したもの
66	福島県	建物	3月11日	-	津波被害を受けた休息室内の卓上型ページングハンドセットより出火したもの
67	福島県	建物	3月11日	-	津波被害を受けた住宅、納屋、トラック、普通乗用車が全焼したもの
68	福島県	建物	3月11日	-	津波により電気室内部に設置してあった460V及び230Vコントロールセンターの機器内に海水が入り出して出火
69	福島県	その他	3月11日	-	津波被害を受けた軽乗用車より出火
70	福島県	その他	3月11日	-	津波被害を受け、野積みされた車両から出火
71	茨城県	車両	3月11日	17時44分	ふ頭内モータープールに保管されていた輸用車両が津波で流され出火したもの。出火原因は、津波で海水に浸ったことにより電気配線部が短絡したと考えられるが、出火車両、出火箇所を特定することができなため不明とした。
72	茨城県	車両	3月11日	22時55分	津波に浸かった乗用車の運転席下の電気配線部が短絡したもの。
73	茨城県	車両	3月14日	14時51分	3月11日に津波に浸かった乗用車を運転したところ、エンジンルーム内の電気配線部が短絡したものの。
74	茨城県	車両	3月11日	16時18分	津波被害を受け、野積みされた車両から出火ガードレールに車両の後部が乗り上げ燃料タンクまたは燃料ホースに亀裂が入り、燃料が漏れ電気系統の配線がスパークして出火したもの
75	茨城県	車両	3月14日	12時25分	内燃機関によるもの（津波被害によるもの）
76	茨城県	車両	3月11日	16時10分	内燃機関によるもの（津波被害によるもの）
77	茨城県	車両	3月11日	17時0分	内燃機関によるもの（津波被害によるもの）
78	茨城県	その他	3月11日	-	鹿島港の岸壁に設置された分電盤が、津波による氾濫で短絡して出火したもの。
79	茨城県	車両	3月12日	4時10分	津波で冠水したトラックのバッテリー付近から出火したもの。
80	千葉県	車両	3月11日	18時30分	岸壁付近に駐車してあったハイブリッドカーが津波により浸水、バッテリー部分が短絡したもの
81	千葉県	車両	3月23日	20時2分	3月11日に津波により車両床まで海水に浸かり、電気配線のショートにより出火したものと推定

#### 4. 津波浸水区域内の火災概要(延焼)

次に、津波火災の延焼概要について述べる。ここでは従来の津波火災における延焼の特徴を相対比較する目的で、質問紙調査で焼失棟数が得られている火災を以下のように抽出した<sup>5)</sup>。(1)調査対象地域において2011年3月11日に発生した火災71件(ただし津波の影響によるものを除く)、(2)地震(揺れ)による影響が強いと考えられる火災90件、(3)本報告で津波の影響による火災と推定される47件。このもとで、それぞれの焼失棟数の頻度分布を示す(図6-7)。火災1件あたりの焼失棟数平均値は、3月11日の津波火災以外の火災が1.66棟、地震(揺れ)による影響で発生したと考えられる火災が1.62棟、津波が原因で発生したと考えられる火災が20.37棟である。これは調査対象の消防本部が1件の火災の定義をどのように捉えたかにもよるが、おおむね火災1件あたり

津波火災リスクの高いと思われる場所では、津波避難ビル自体においても何らかの対策が今後求められるであろう。いずれにせよ、津波避難ビルは「高台や避難対象区域外まで移動する時間がない場合に緊急の一時避難するための建物に過ぎない」という認識が必要と考えられる。

の焼失棟数、即ち被害量は津波火災が従来考えられてきた地震火災よりも圧倒的に大きいことになる。この点は、津波浸水区域内において覚知が遅いことや対応可能な消防力が少なかったこと、瓦礫や浸水で到着できない等、消火活動が困難であったことも理由の一つとなろう。

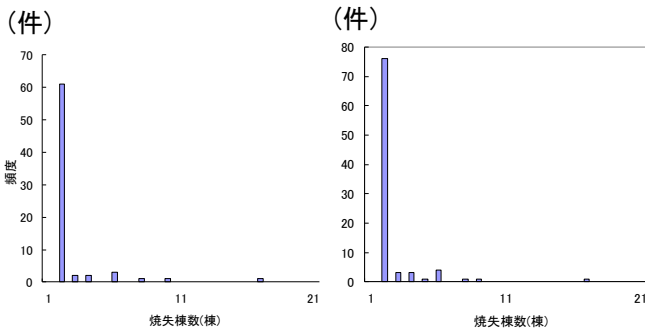


図6 従来の地震火災の焼失棟数(左: 2011年3月11日に発生した津波火災以外のもの(N=71), 右: 地震(揺れ)によるものと判断されるもの(N=90))

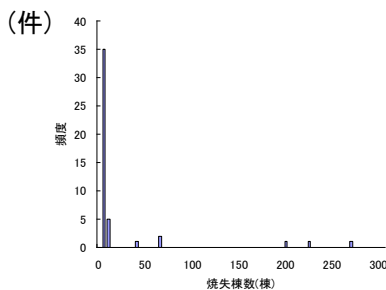


図7 津波火災の焼失棟数 (N=47)

## 5. まとめ

本報では、東日本大震災時の津波によって発生したと考えられる火災について、消防本部への質問紙調査をもとに論じたものである。結果として、津波による影響で発生したと考えられる火災の合計焼損棟数は 937 棟、合計焼損床面積は 165,669.97 m<sup>2</sup>、山林・枯草等焼損面積の合計は 3,292,000 m<sup>2</sup>、焼損車両の合計は 1270 台であった。津波火災の延焼範囲については既往研究<sup>4)</sup>により、市街地の延焼面積が合計約 78.41ha であることは知られているが、本調査によって山林なども広く燃えていることがわかった<sup>6)</sup>。また津波火災 1 件当たりの被害量(焼損棟数)は、津波浸水エリア外の地震火災 1 件当たりの被害量に比べ極めて大きいことも判明した。本調査はまだ回答のない消防本部も多く今後修正の余地は十分にあるが、これまでに行われた既往の実地調査と照らし合わせるにより、東日本大震災時に発生した津波火災の全体的傾向はおおむね捉える事ができるものと考えられる。今後は各々の火災事例について、その実態を詳しく記録に残すことが必要となる。

### 補注

- (1) 総務省消防庁によると、東日本大震災ではおよそ 330 件の地震火災が発生したと報告されている。しかし、その件数は各消防本部独自の判断によるものをまとめたものに過ぎず、大槌のように消防署が被災したため調べようがないという理由で、消防庁へ報告されていないばかりか、記録として残されていない地域も存在する。これに対して本研究は、あえて震災後 1 年以上を経過した時点まで待ち、その後調査票の配布に取り掛かっている点や、

対象とする火災についても各消防本部独自の判断基準によらず、地震後 1 か月の火災をすべて尋ねたのち、筆者らが行った現地調査の結果とも照らし合わせて、整理を試みている点が特徴的である。ただし、東京消防庁と宇都宮市消防本部から得られた火災情報は、地震火災に限定したもののみであった。そのため「統一的な基準のもとで地震火災・津波火災の概要を把握する」という本研究の目的を達成するには、さらなる回収率の向上に加えて、この点も考慮して分析を行う必要がある。

- (2) 本調査データには、浸水範囲内で地震直後(津波襲来前)に火災が発生したケースが何件か含まれているが、その事例については津波火災として数えてはいない。
- (3) その他「瓦礫の撤去作業中に、エンジンカッターの火花が飛び散り、周囲の瓦礫に着火」、「地震発生直後、爆発により出火」、「停電のためトイレで照明用にローソクを使用、水洗タンク手洗い排水口付近に置いたため樹脂製レバーに着火」、「津波により車体の隙間に枯草が詰まったままの車両をけん引してきたため、センターブレーキ付近に詰まった枯草と回転するセンターブレーキドラムとの継続接触により摩擦接触により摩擦熱が生じ、当該枯草に着火」など。ただし出火要因が不明なものについては、津波浸水地域内のものを検討対象とした。
- (4) ただし、車両が建物内に流されて建物内で火災になったケースを建物火災と判別している消防本部もある。
- (5) ここでは、ごく少数であるが収容物焼損やぼやなどの火災も回答されていたため、これらは簡単にみな 1 棟焼損とみなして算出している。
- (6) 本調査データには現在、大槌町の火災事例が含まれてはいない。したがって林野火災を考える上では、津波火災からの林野への延焼が顕著であった大槌の例を加わえなければならぬことに留意する必要がある。

### 謝辞

本研究をすすめるにあたって、鹿島学術振興財団の研究助成金(平成 25 年度、研究代表者: 廣井悠、研究題目: 東日本大震災における地震火災の発生原因と消火実態の解明に関する研究)を頂きました。また、本研究は日本火災学会東日本大震災調査委員会・火災状況調査 WG(主査: 北後明彦・神戸大教授、幹事: 廣井悠)での活動をもととして、分析等をすすめたものです。関係者の皆様方に深甚なる謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 村田明子, 北後明彦(2013): 「平成 23 年東北地方太平洋沖地震後の出火状況アンケート調査(その 1 調査の概要と出火要因)」, 火災, Vol.63, No.1, pp.1-6, 2013.02.
- 2) 吉永潤二, 山田常圭(2013): 「平成 23 年東北地方太平洋沖地震後の出火状況アンケート調査(その 2 消防活動)」, 火災, Vol.63, No.1, pp.7-12, 2013.02.
- 3) 廣井悠(2013): 「平成 23 年東北地方太平洋沖地震後の出火状況アンケート調査(その 3 浸水地域における津波火災の概要)」, 火災, Vol.63, No.2, 2013.04(印刷中).
- 4) 廣井悠, 山田常圭, 坂本憲昭(2012): 「東日本大震災における津波火災の調査概要」, 地域安全学会論文集, NO.18, pp.161-168.