

2011年東北地方太平洋沖地震における 地震型火災の特徴

秦 康範¹・原田 悠平²

¹正会員 山梨大学准教授 大学院医学工学総合研究部 (〒400-8511 山梨県甲府市武田四丁目3-11)
E-mail: yhada@yamanashi.ac.jp

²学生会員 山梨大学 大学院医学工学総合教育部 (〒400-8511 山梨県甲府市武田四丁目3-11)
E-mail: g12mh019@yamanashi.ac.jp

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、330件に及ぶ多数の火災が発生した。津波被害の大きい東北地方だけでなく、関東地方においても多くの火災が発生した。本研究では、消防本部から提供された火災データに基づき、出火点の推定地震動を付加した火災データベースを構築し、地震動に起因する火災(地震型火災)の出火原因の内訳を明らかにした。出火原因別に出火日時と累積出火割合の関係性を明らかにするとともに、非停電地域における電気火災を取り上げ電力が供給されていれば停電に関係なく電気火災が発生することを示した。推定した震度曝露人口から、出火原因ごとに震度別出火率を算出した。

Key Words : the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, post-earthquake fires

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震では、330件もの火災が発生¹⁾し、1都10県に及ぶ大規模かつ広範囲に被害が発生した。しかしながら、火災の全容は十分に明らかにされておらず、今後の防災対策につなげていくために、火災の特徴を明らかにすることは喫緊の課題である。

本研究では、東北地方太平洋沖地震により火災が発生した消防本部から提供された火災データに基づき、津波に起因しない地震動に起因する地震型火災について、その特徴を明らかにすることを目的とする。本研究のフローを図-1に示す。

2. 既往研究と本研究の目的

1923年関東大震災では、98件の火災が発生²⁾し、約21万棟³⁾が消失するとともに、死者・行方不明者数は10万5千人に上った³⁾。その後の主な被害地震においても、1948年福井地震24件⁴⁾、1964年新潟地震12件⁵⁾、1968年十勝沖地震50件⁶⁾、1978年宮城県沖地震12件⁷⁾、1993年釧路沖地震11件⁸⁾、1995年兵庫県南部地震285件⁹⁾、2004年新潟県中越地震9件¹⁰⁾発生しており、地震に伴い多数の火災が発生している。

近年発生した被害地震において、100件を超える火災

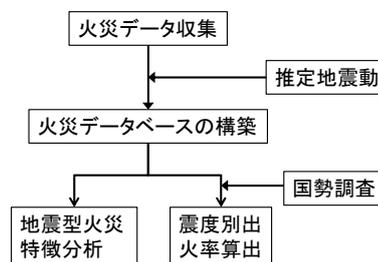


図-1 研究フロー

が発生した地震は、1995年兵庫県南部地震のみである。285件⁹⁾の出火原因は、「不明」の146件(51%)を除けば、全285件のうち「電気による発熱体」が29.8%(85件)と最も多く、兵庫県南部地震以降、電気火災対策の重要性が広く認識されるようになった¹¹⁾。

東北地方太平洋沖地震における火災については、関澤・佐々木¹²⁾は、総務省消防庁被害報を元に、市町村の震度情報を使って、震度別出火率を算出している。また、市町村別の建物倒壊率と出火率の分布を示し、出火率と建物倒壊率との間に顕著な相関関係が見られないとしており、樋本ら¹³⁾も、同様の指摘をしている。廣井ら¹⁴⁾は、現地調査と消防機関等へのヒアリング結果を基に、津波型火災の出火要因、延焼要因、消防活動阻害要因、避難阻害要因、を集約し、その構造化を行っている。

日本火災学会地震火災専門委員会(主査:北後明彦)

15), 16)は, 東北地方太平洋沖地震後1ヶ月間に発生した火災に関する大規模なアンケート調査を, 1都16県297消防本部に実施している. この調査結果を元に, 村田・北後¹⁵⁾は, 調査の概要と集計結果の速報として, 本震後3日間について, 地震関連火災及び津波浸水域火災の出火要因を報告している. 岩見¹⁷⁾は, 津波浸水域以外での火災を対象として, 出火要因ごとの特徴と, 市町村ごとの震度と出火率の関係, 火元建物の状況と被害状況についてまとめている. 樋本ら¹⁸⁾は, 世帯当たりの出火件数といくつかの地震動指標との関係について分析を行っている.

以上のように, 東日本大震災についても大規模な調査が実施されており, また出火率と地震動との関係についても複数の報告がなされている. しかしながら, 地震動との関連を分析した既往研究^{12), 13), 17), 18)}では, いずれも市町村の代表値を使用している. 地震動は, 震源効果,

伝播効果, サイト効果の組み合わせにより規定される¹⁹⁾が, 特に出火場所の位置するサイト効果の影響は小さくなく, 地形や地盤条件によって地震動は大きく異なる. また, 合併に伴い市町村は広域化していることから, 市町村内は同一地震動とすることは, 精度面において課題があると言え, 出火建物が位置する場所の地震動を用いた分析が必要である.

そこで本研究では, 国や自治体等で実施されている地震被害想定や出火防止策の検討に資することを目的として, 出火原因, 出火日時, 出火場所における詳細な地震動との関係について, その特徴を明らかにすることを試みる.

3. 本研究で使用するデータ

(1) データベースの構築

本研究では, 総務省消防庁「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(第145報)²⁰⁾」に基づき, 火災が報告されている市区町村を管轄している63消防本部に対して, 火災情報の提供依頼を行った(2012年8月に実施). その結果, 59消防本部から, 地震に関係する火災312件について回答を得た. 調査項目は, 出火点の住所, 出火日時, 覚知日時, 焼損面積, 出火原因, 火災種別, である. なお, 消防本部によっては, 一部未回答の項目もあった.

その後, 2013年9月に被害報(第148報)¹⁾が発表されたため, 上記調査により作成した火災データと比較し, 火災件数の増減, もしくは新たに加わった消防本部を抽出し, 追加の調査を行った. 被害報(第148報)と本研究で整備した火災データベースの関係を表-1に示す. 火災のあった73消防本部のうち, データ開示59, 未入手10, 不開示4であった.

表-1 消防本部別の火災件数¹⁾とデータ提供の有無

都道府県	市町村	消防本部	火災件数 (148報)	データ提供
北海道	函館市	函館市消防本部	3	未入手
	苫小牧市	苫小牧市消防本部	1	未入手
	青森市	青森地区広域消防事務組合	1	未入手
	弘前市	弘前地区消防事務組合	2	不開示
青森県	大鰐町	大鰐町消防本部	1	不開示
	八戸市	八戸広域消防本部	7	○ ※1
岩手県	盛岡市	盛岡地区広域消防組合消防本部	1	○ ※1
	岩手町	岩手町消防本部	1	○
	宮古市	宮古地区広域行政組合消防本部	2	○
	山田町	山田町消防本部	7	○
	大船渡市	大船渡地区消防組合	3	○
	北上市	北上地区消防組合	1	○
	久慈市	久慈地区広域行政事務組合消防本部	1	○ ※1
	野田村	野田村消防本部	1	○
	一関市	一関市消防本部	2	○
	陸前高田市	陸前高田市消防本部	1	○
	釜石市	釜石大船地区広域行政事務組合	5	○
	大槌町	大槌町消防本部	1	○
	奥州市	奥州金ヶ崎行政事務組合消防本部	7	○
	仙台市	仙台市消防局	37	○
宮城県	石巻市	石巻地区広域行政事務組合	24	○
	東松島市	東松島市消防本部	2	○
	女川町	女川町消防本部	5	○
	塩竈市	塩竈市消防本部	7	○
	松島町	塩竈地区消防事務組合	2	○
	多賀城市	多賀城市消防本部	16	○
	気仙沼市	気仙沼・本吉地域広域行政事務組合消防本部	8	○
	南三陸町	南三陸町消防本部	5	○
	白石市	仙南地区広域行政事務組合	1	○
	村田町	村田町消防本部	1	○
	丸森町	丸森町消防本部	1	○
	名取市	名取市消防本部	12	○
	岩沼市	岩沼市消防本部	1	○
	登米市	登米市消防本部	6	○
大崎市	大崎地区広域行政事務組合消防本部	3	○	
美里町	美里町消防本部	2	○	
亶理町	亶理地区行政事務組合消防本部	3	○	
富谷町	黒川地区行政事務組合消防本部	1	○	
秋田県	秋田市	秋田市消防本部	1	○
山形県	山形市	山形市消防本部	1	未入手
	村山市	村山市消防本部	1	未入手
福島県	福島市	福島市消防本部	2	○ ※3
	郡山市	郡山地方広域消防本部	4	○ ※2
	田村市	田村市消防本部	2	○
	いわき市	いわき市消防本部	13	○ ※4
	白河市	白河地方広域市町村圏消防本部	1	○
	西郷村	西郷村消防本部	1	○
	泉崎村	泉崎村消防本部	2	○
	須賀川市	須賀川地方広域消防組合・須賀川地方広域消防本部	1	未入手 ※4
	鏡石町	鏡石町消防本部	1	未入手 ※4
	伊達市	伊達地方消防組合消防本部	1	未入手 ※4
南相馬市	相馬地方広域消防本部	1	未入手 ※4	
新地町	新地町消防本部	2	未入手 ※4	
広野町	広野町消防本部	2	未入手 ※4	
楢葉町	双葉地方広域市町村圏組合消防本部	3	未入手 ※4	
大熊町	大熊町消防本部	1	未入手 ※4	
双葉町	双葉町消防本部	1	未入手 ※4	
茨城県	水戸市	水戸市消防本部	5	○
	城里町	城里町消防本部	2	○
	日立市	日立市消防本部	4	○
	土浦市	土浦市消防本部	1	○ ※1
	常総市	常総地方広域市町村圏事務組合	1	○ ※1
	北茨城市	北茨城市消防本部	1	○ ※1
	ひたちなか市	ひたちなか・東海広域事務組合	1	○
	東海村	東海村消防本部	2	○
	鹿嶋市	鹿嶋地方事務組合消防本部	3	○
	神栖町	神栖町消防本部	3	○
群馬県	筑西市	筑西市消防本部	2	○
	碓氷市	碓氷広域市町村圏事務組合消防本部	1	○
	碓氷町	碓氷町消防本部	1	○
	碓氷町	碓氷町消防本部	1	○
	碓氷町	碓氷町消防本部	1	○
	碓氷町	碓氷町消防本部	1	○
	碓氷町	碓氷町消防本部	1	○
	碓氷町	碓氷町消防本部	1	○
	碓氷町	碓氷町消防本部	1	○
	碓氷町	碓氷町消防本部	1	○
埼玉県	高崎市	高崎市等広域消防局	2	○
	さいたま市	さいたま市消防局	1	○
	川口市	川口市消防局	2	○ ※1
	春日部市	春日部市消防本部	1	○
	鴻巣市	鴻巣市消防本部	1	○
	鴻巣市	鴻巣市消防本部	1	○
	鴻巣市	鴻巣市消防本部	1	○
	鴻巣市	鴻巣市消防本部	1	○
	鴻巣市	鴻巣市消防本部	1	○
	鴻巣市	鴻巣市消防本部	1	○
千葉県	千葉市	千葉市消防局	5	○
	鎌子市	鎌子市消防本部	1	未入手
	市川市	市川市消防局	2	不開示
	船橋市	船橋市消防局	1	不開示
	野田市	野田市消防本部	1	○ ※2
	旭市	旭市消防本部	2	○
	富田町	富田町消防本部	1	○
	市原市	市原市消防局	1	○ ※1
	八千代市	八千代市消防本部	2	○
	酒々井町	佐倉市八街市酒々井町消防組合	1	○
東京都	大網白里町	山武郡市広域行政組合消防本部	1	○
	千代田区	千代田区消防本部	3	○
	港区	港区消防本部	7	○
	新宿区	新宿区消防本部	1	○
	墨田区	墨田区消防本部	2	○
	江東区	江東区消防本部	2	○
	品川区	品川区消防本部	1	○
	世田谷区	世田谷区消防本部	1	○
	中野区	中野区消防本部	1	○
	杉並区	杉並区消防本部	1	○
神奈川県	豊島区	東京消防庁	2	○
	荒川区	荒川区消防本部	1	○
	練馬区	練馬区消防本部	3	○
	足立区	足立区消防本部	3	○
	江戸川区	江戸川区消防本部	1	○
	八王子市	八王子市消防本部	1	○
	三鷹市	三鷹市消防本部	1	○
	府中市	府中市消防本部	1	○
	東村山市	東村山市消防本部	1	○
	多摩市	多摩市消防本部	1	○
稲城市	稲城市消防本部	1	○	
横浜市	横浜市消防局	3	○ ※1	
横浜市	横浜市消防局	2	○	
川崎市	川崎市消防局	2	○	
大和市	大和市消防本部	1	○	

1 焼損面積回答なし 2 出火時刻回答なし 3 出火原因回答なし

4 分析対象から除外

一般に地震火災を一律の基準で定義することは容易ではない。今回調査した火災情報は、各消防本部が東北地方太平洋沖地震による地震火災と判断し、総務省消防庁に報告したものである。消防本部から提供された火災データと被害報(第148報)とを突合したところ、一部の消防本部において、地震当日に発生した出火のみを報告していたり、ローソク火災を地震火災に含める消防本部とそうでない消防本部があった。本研究では、消防本部が地震火災と判断し、総務省消防庁に報告された被害報(148報)の火災を研究対象としていることから、消防本部ごとに判断基準の違いがあることに留意する必要がある。

また、地震当日3月11日21時23分に、福島第一原子力発電所から半径3km圏内の住民は避難指示、半径3kmから10km圏内の住民は屋内退避の指示が、3月12日5時44分に半径10km圏内の住民に避難指示、同日18時25分には20km圏内に拡大された。福島第二原子力発電所については、3月12日7時45分に半径3km圏内の住民に避難指示、半径3kmから10km圏内の住民は屋内退避の指示が、同日17時39分に10km圏内の住民に避難指示が発令された。避難指示地域に加えて、周辺地域においても多数の自主避難が行われる等、大きな混乱が生じることとなった。

本研究においては、こうした混乱を踏まえて、福島県内については、避難についての影響が比較的軽微であったと考えられる福島市消防本部、郡山地方広域消防本部、白河地方広域市町村圏消防本部の3消防本部を対象とし、いわき市消防本部をはじめとする5消防本部は、分析対象から除外することとした。

また、北海道の2消防本部、山形県の2消防本部は、未入手のため、北海道と山形県は分析対象に含まれていない。

各出火点の位置情報(住所)を基に、末富・福島²¹⁾により算出された東北地方太平洋沖地震の250mメッシュの推定地震動(計測震度)(図-2)を付加した。最終的に58消防本部289件の火災について、出火点の住所、出火日時、覚知日時、焼損面積、出火原因、火災種別、推定地震動(計測震度)からなる火災データベースを構築した。

(2) 火災タイプの判別

火災タイプの判別は、消防本部が特定している出火原因から、津波に起因もしくは津波浸水区域で発生した火災を津波型火災、津波型火災ではないものを地震型火災と定義する。地震型火災には、地震に伴う停電等により間接的に生じた火災¹⁹⁾も含んでいる。

火災289件について、消防本部による出火原因から地震型火災と津波型火災の判別を行った。その結果、289のうち地震型火災164件、津波型火災125件となった(図-3)。津波型火災は、津波被害の大きかった、宮城県、

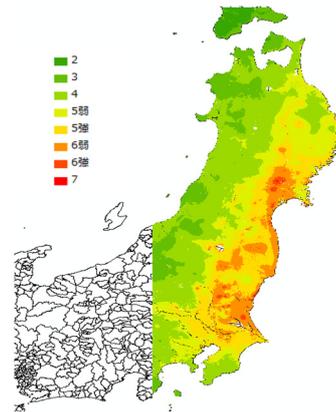


図-2 東北地方太平洋沖地震における250mメッシュ計測震度推定分布²¹⁾

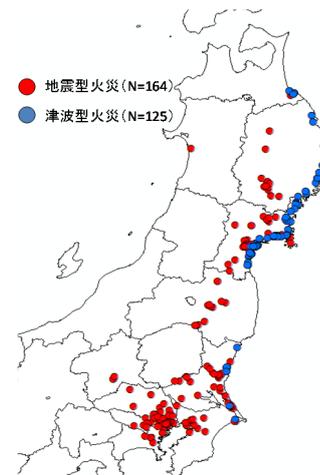


図-3 出火点の分布

表-2 都県別出火件数

地域	都 県	地震型火災	津波型火災	合計
東北 地方	青森県	2	5	7
	岩手県	13	20	33
	宮城県	46	91	137
	秋田県	1	0	1
	福島県	12	0	12
	小計	74	116	190
関東 地方	茨城県	23	8	31
	群馬県	2	0	2
	埼玉県	11	0	11
	千葉県	13	1	14
	東京都	35	0	35
	神奈川県	6	0	6
	小計	90	9	99
合計		164	125	289

岩手県の沿岸部に集中している。一方、地震型火災は、内陸部を中心に発生し、特に関東地方で多く発生していることがわかる。

都道府県別の出火件数を示したものが表-2である。宮城県は、地震型火災、津波型火災合わせて137件(47%)と最も多く、次いで、東京都35件(12%)、岩手県33件(11%)となっている。津波被害の大きい東北地方が目玉だが、津波被害の軽微な関東地方においても、99件(34%)もの火災が発生している。

津波型火災は、宮城県91件(73%)で最も多く、次に岩

手県20件(16%)と続き、両県で津波型火災の89%が発生している。一方、地震型火災は、宮城県46件(28%)が最も多く、次に東京都35件(21%)、茨城県23件(14%)と続き、広範囲にわたって、地震型火災が発生していることがわかる。

4. 出火原因の内訳と焼損面積

本章以降の分析において、地震型火災164件のうち、工場火災を除く建物火災121件を対象に分析を行うこととする。

火災の出火原因については、全国の火災について統一された火災調査帳票となっている火災報告の中で、発火源、経過、着火物から調査が行われる。本研究では、東北地方太平洋沖地震における火災の出火原因について、発火源をもとに、「電気」、「ガス・油類」、「その他」として分類し、これを出火原因として扱った。

図-4は、東北地方太平洋沖地震（地震型火災）と兵庫県南部地震⁹⁾における建物火災の出火原因不明を除く出火原因の内訳を示したものである。出火原因の割合は、

電気を原因とするものが、東北地方太平洋沖地震83件(66%)と最も多く、この傾向は72時間以内に出火したものを対象としてもほぼ同じ傾向であった。兵庫県南部地震においては、85件(30%)であるが、不明146件(51%)の多くは電気が発火源とされて^{22) - 24)}あり、兵庫県南部地震と同様に東北地方太平洋沖地震においても、電気火災は支配的な原因であった。

次に、電気火災の出火原因の内訳を示す(図-5)。東北地方太平洋沖地震では、電熱器32件(39%)、送配線・配線器具32件(39%)と同数で、電気機器・装置19件(23%)が続く。72時間以内に出火したものに限定すると、電熱器の割合が30件(43%)と少し増加する。兵庫県南部地震と比べると全体としては電熱器の比率がやや減少し、送配線・配線器具の比率がやや増加しているが、72時間以内だと兵庫県南部地震とほぼ同様の傾向となった。兵庫県南部地震以降、電気ストーブの転倒防止スイッチや観賞魚用ヒーターの過熱防止等の地震対策が実施されてきたが、東北地方太平洋沖地震においても観賞魚用ヒーターや電気ストーブ等の電熱器は、依然として電気火災の39%(83件中32件)を占める結果となった。

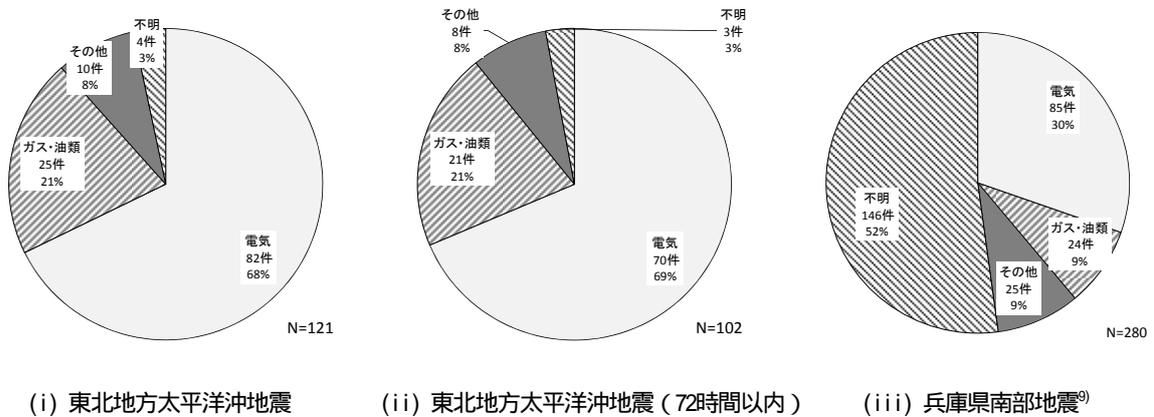


図4 出火原因の内訳

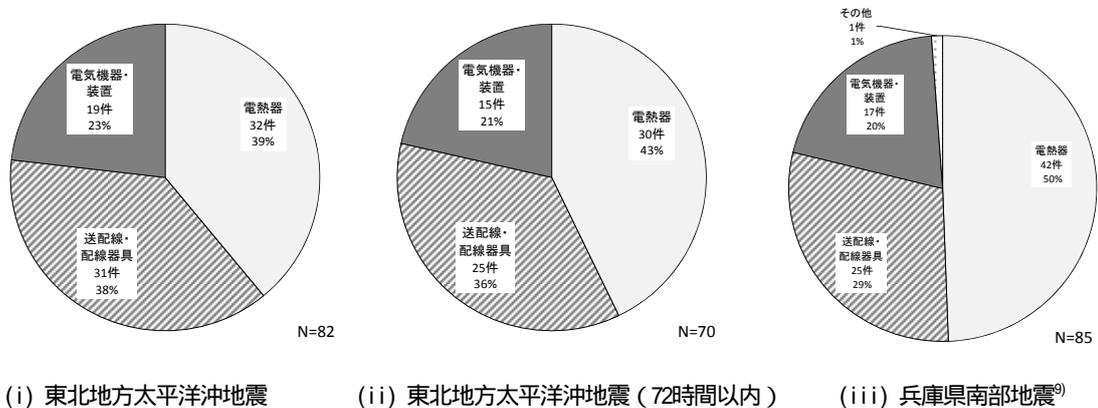
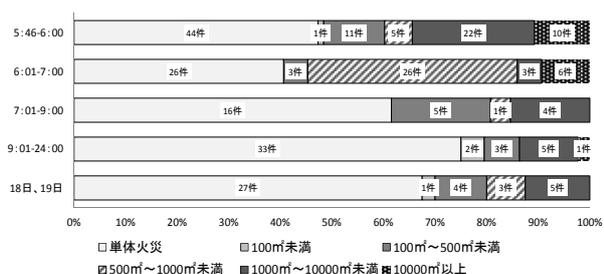
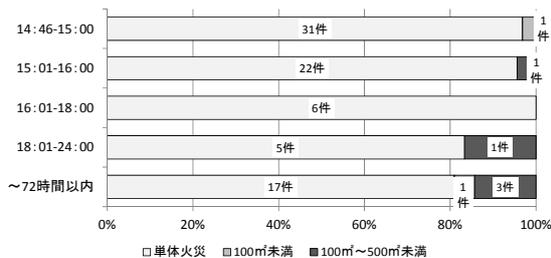


図5 電気火災の出火原因の内訳



(i) 東北地方太平洋沖地震

(ii) 兵庫県南部地震⁹⁾

図-6 時間帯別・焼損面積別内訳

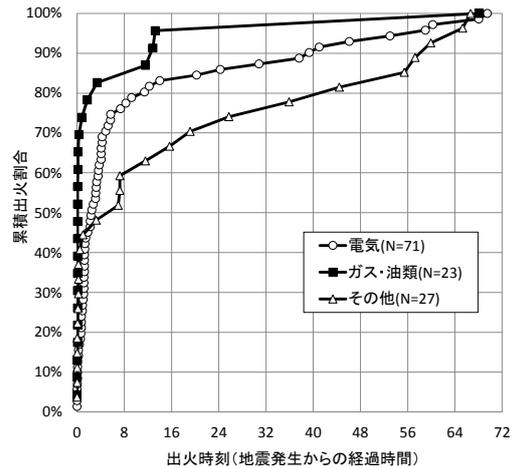
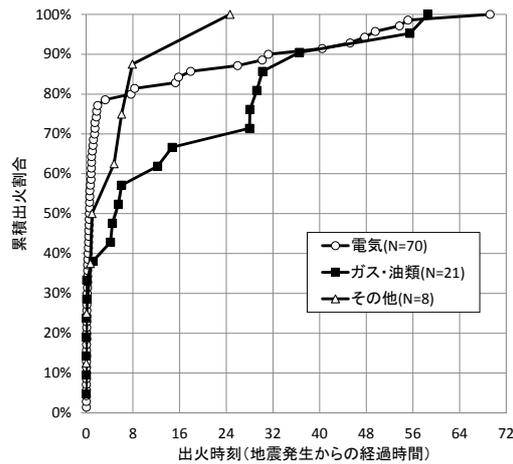
表-3 地震型火災(24時間以内)の発生状況

発生場所	月日	出火時刻	出火原因	
青森県	3/11	20:16	ローソク転倒	
秋田県	3/11	19:31	排気熱	
岩手県	3/11	14:47	キュービクル	
		14:47	屋内配線	
		19:15	ローソク転倒	
		3/12	3:00	ローソク転倒
		14:47	トランス	
宮城県	3/11	14:47	電気ストーブに可燃物が落下	
		14:46	棚が倒れ、ガスこんろが点火	
		14:47	ガス器具	
		14:50	蓄電池	
		14:52	短絡	
		15:00	電気機器	
福島県	3/11	14:59	屋内配線	
		16:02	プロパンガス漏洩に火花	
		3/12	11:27	ガス漏洩に火花
		14:46	たき火	
		14:47	電気ストーブ	
茨城県	3/11	14:47	屋内配線	
		14:47	ボイラー	
		14:47	廃油ストーブ	
		14:48	配電盤	
		14:48	ガス漏洩に火花	
		15:15	屋内配線	
		15:19	配線のショート	
		18:00	屋内配線	
		20:49	プロパンガス漏洩に引火	
		22:41	炭焼き釜の崩壊	
23:04	電気ストーブ			
群馬県	3/11	15:11	配線器具	
		15:11	電気ストーブ	
埼玉県	3/11	14:47	配線用遮断器の配線	
		14:50	電灯・電話等の配線	
		14:51	電気ストーブの転倒	
		15:00	電気機器	
		15:16	配線	
千葉県	3/11	16:15	配線器具	
		14:48	落下物によりガスこんろが点火	
		14:49	工作物が電線を巻き込み倒壊	
		14:50	石油ストーブ	
		15:00	電気トースターが落下した際にスイッチが入る	
		15:05	観賞魚用ヒーターの過熱	
		15:20	落下物により電気ストーブのスイッチが入る	
		15:35	電気ストーブ	
15:40	観賞魚用ヒーターの過熱			
15:45	その他			

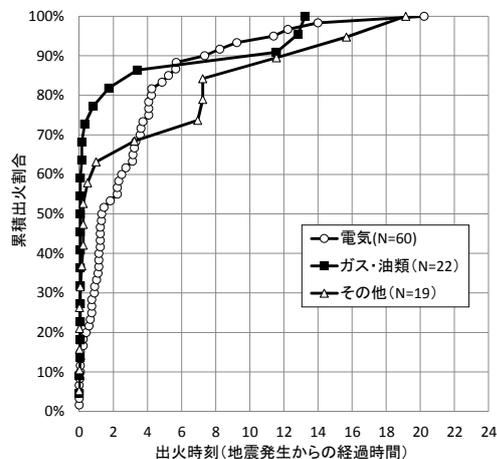
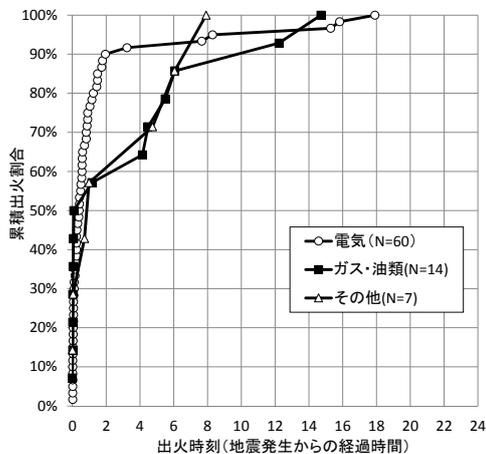
発生場所	月日	出火時刻	出火原因
東京都	3/11	14:48	変圧器の地絡
		14:48	変圧器
		14:49	テーブルタップのトラッキング
		14:50	白熱灯スタンド
		14:50	電磁接触器のコイル過熱
		14:52	観賞魚用ヒーターの過熱
		14:55	変圧器
		14:55	屋内配線
		15:02	観賞魚用ヒーターの過熱
		15:09	電気コンロが落下した際にスイッチが入る
		15:20	落下物により電気トースターのスイッチが入る
		15:29	電気ストーブの転倒
		15:35	落下物により電気ストーブのスイッチが入る
		15:38	電気ストーブに可燃物が落下
		15:48	電気ストーブが落下した際にスイッチが入る
		15:55	観賞魚用ヒーター
		16:00	落下物によりカーボンヒーターのスイッチが入る
		16:15	落下物によりカーボンヒーターのスイッチが入る
		16:30	モーター
		16:33	落下物により電気ストーブにスイッチが入る
16:43	白熱灯スタンド		
22:26	落下物により電気ストーブのスイッチが入る		
神奈川県	3/11	15:55	ガスこんろ
		18:55	ガスファンヒーター
		5:29	ガスこんろ
		6:03	蓄熱式電気暖房機
		6:35	配線のトラッキング
		8:40	観賞魚用ヒーターの過熱
		12:03	サウナヒーターの過熱
		14:51	ローソク
		15:00	電気ストーブ
		15:22	電気コード
15:40	電気トースターが落下した際にスイッチが入る		
16:12	電気トースター		

焼損面積別出火原因の構成(図-6)を見ると、東北地方太平洋沖地震においては、大半が単体火災であった。大規模な火災延焼が発生した兵庫県南部地震とは、大きく異なる結果となった。この原因としては、地震発生

時刻が日中であり住民による初期消火や消防による消火活動が行いやすい時間帯であった、揺れによる建物被害が少なかった、揺れが大きい地域は停電が長期化したため電気火災が発生しにくかった、マイコンメータ



(i) 東北地方太平洋沖地震 (ii) 兵庫県南部地震
 図-7 出火原因別出火日時と累積出火割合の関係 (72時間)



(i) 東北地方太平洋沖地震 (ii) 兵庫県南部地震
 図-8 出火原因別出火日時と累積出火割合の関係 (24時間)

の普及や都市ガスの緊急供給停止がすみやかに実施された、等が原因として考えられる。

5. 地震型火災の出火日時と累積出火割合の関係

(1) 出火日時と累積出火割合の関係

図-7は、東北地方太平洋沖地震と兵庫県南部地震における、出火原因別出火日時と累積出火割合の関係について、地震後72時間以内に発生した火災について示したものである。兵庫県南部地震については、消防科学総合センターの火災データ⁹⁾を基に、著者らが作成したものである。東北地方太平洋沖地震では、電気を原因とする火災は、地震発生後24時間までに60件(86%)の火災が発生している。ガス・油類は、地震後24時間までに14件(67%)の火災が発生し、その他は、24時間までに8件中7件の火災が発生している。

一方、兵庫県南部地震では、電気を原因とする火災は、地震後24時間までに60件(85%)の火災が発生している。ガス・油類は、地震後24時間までに22件(96%)の火災が発生し、その他は、24時間までに19件(70%)の火災が発生している。

地震発生直後の特徴を見るために、地震後24時間以内に発生した火災について示したものが図-8である。東北地方太平洋沖地震では、電気を原因とする火災は、地震後2時間以内に54件(90%)の火災が発生しており、兵庫県南部地震の32件(53%)を上回った。発生した地域を調べたところ44件(81%)が、関東地方での火災であった。

ガス・油類は、24時間以内に14件発生したが、地震後2時間までに8件、その他は7件発生したが、地震後2時間までに4件の火災が発生していた。

また、地震直後だけでなく、地震当日の夜となる地震から4時間以降に、電気は5件、ガス・油類は6件、その他は3件、火災が発生している。表-3は、地震後24時間

以内に発生した地震型火災の発生状況であるが、ガス・油類の4時間以降に発生した火災6件のうち、4件がローソクを火源とする火災であった。出火原因の記述内容から、停電中、照明の代替手段として使用したローソクが、余震などの影響で転倒したものであった。

次に、電気火災の出火原因を詳細に見たところ、落下や落下物により誤って電気ストーブや電気トースターにスイッチが入り、出火に至ったものが10件(16%)確認された。

(2) 東北電力管内と東京電力管内の停電復旧率と電気火災の累積出火割合の関係

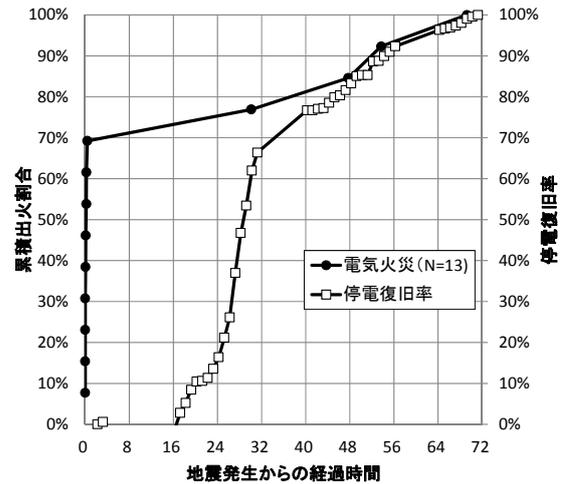
図-9は、地震後72時間以内における東北電力管内及び東京電力管内において、停電復旧率と電気火災の累積出火割合の関係について示している。停電復旧率は、東北電力ならびに東京電力のホームページで公開された東北地方太平洋沖地震のプレスリリース資料を用いた。火災の累積割合が100%となる時刻にもっとも近い時間に発表されたプレスリリースの停電件数から、その時刻に停電復旧率が100%となるように作成した。東北電力は地震直後から3月14日14時現在までのプレスリリース(51回)を、東京電力は地震直後から3月13日13時現在までのプレスリリース(26回)を参照した。

東北電力管内では最大440万件の停電が発生したが、停電復旧率を見ると、地震翌日の朝となる地震後16時以内は、停電はほとんど復旧してない。東京電力管内では最大405万件の停電が発生したが、地震後4時間以内は停電の復旧はほとんどない。しかし、地震から16時間後には76%まで復旧している。東京電力管内では夜間にもかかわらず停電が大幅に解消したのは、配電用変電所から下流の配電線や建物被害がほとんどなかったため、系統切替により停電復旧が行われた²⁵⁾ためである。

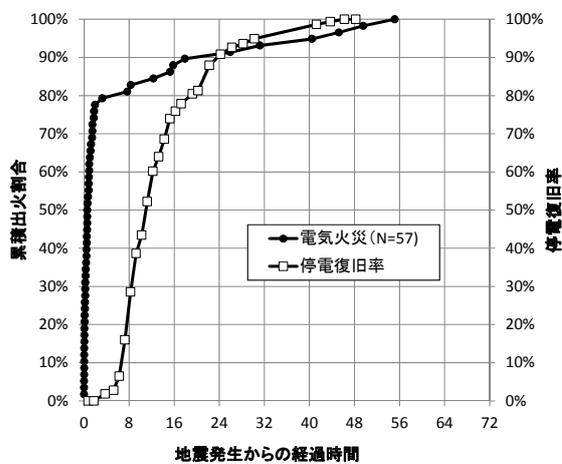
なお、停電復旧が緩慢となる東北電力管内の地震から40時間以降、東京電力管内の地震から24時間以降、それぞれにおいて、停電復旧曲線と電気火災の累積出火割合との間には相関が見られた。

(3) 復電に伴う火災

復電に伴って電気火災が発生したのか確認するため、地震後4時間以降に出火した電気火災について、各消防本部に停電の有無と復電時刻について、照会を行った。その結果、地震後停電し復電に伴う火災(通電火災)と判断できるものは、地震後4時間以降72時間以内において9件(東北電力管内3件、東京電力管内6件)確認された(表-4)。地震後72時間を超えたものとしては、3月17日宮城県大崎市で電気ストーブ、同日宮城県仙台市宮城野区で分電盤の2件が、復電後に出火したことが確認された。



(i) 東北電力管内



() 東京電力管内

図-9 停電復旧率と電気火災の累積出火割合の関係

表-4 地震後4時間～72時間の電気火災と停電の有無

電力会社	発生場所	出火日時	出火原因	停電有無	停電復旧日時	復電火災
東北電力管内	宮城県仙台市青葉区	3/12 20:55	復電後の電気機器	有	不明	不明
	宮城県仙台市青葉区	3/13 14:30	復電後の電気機器	有	3/12時間不明	○
	宮城県仙台市青葉区	3/13 20:28	地震動による屋外配線	有	3/13午後	○
	宮城県黒川郡富谷町	3/14 12:00	復電後のセラミックヒーター	有	3/14 11:46	○
東京電力管内	東京都練馬区	3/11 22:26	落下した本により電気ストーブにスイッチが入る	無	-	-
	茨城県土浦市	3/11 23:04	復電後の電気ストーブ	有	不明	-
	東京都豊島区	3/12 6:03	タイマーにより電気暖房機が作動	無	-	○
	東京都港区	3/12 6:35	配線のトッキング	無	-	○
	東京都足立区	3/12 8:40	ブレーカーの電源を入れたことによる購買用ヒーターの発熱	無	-	-
	茨城県水戸市	3/12 16:43	配線ショート	有	3/12 16:20	○
	茨城県水戸市	3/12 21:58	配線ショート	有	3/12 20:12	○
	千葉県千葉市	3/13 7:13	小型トランス	不明	-	○
	東京都足立区	3/13 12:00	サワヒーター	無	-	-
	茨城県鉾田市	3/13 16:20	復電後の蛍光灯	有	3/13 13:58	○
茨城県鉾田市	3/13 21:55	復電後の屋内配線の短絡	有	3/13 17:00	○	

経済産業省電気設備地震対策ワーキンググループ²⁶⁾によれば、東北地方太平洋沖地震においては、送電再開時の安全確保策が徹底され、いわゆる通電時の火災発生は事業者から報告されていないとされている。しかしながら、復電に伴う火災があった事は新聞報道²⁷⁾でもなされており、本研究においても少なくとも11件確認された。復電火災については、電力会社の安全確認が十分でなかったというよりは、むしろ復旧時において供給サイドがどれだけ安全確保策の徹底を図ったとしても、復電に

伴う火災をゼロにすることは難しいと考えるべきであろう。特に人口が密集した都市部では、確認すべき需要家の数が膨大なため、確認の徹底と早期復旧はトレードオフの関係にあるからである。中央防災会議²⁸⁾が提言しているように、感震プレーカー等の需要サイドの出火防止対策を推進することの重要性を示唆するものと言えよう。

(4) 非停電地域における電気火災

本節では、非停電地域における電気火災について見てみることにする。東京電力²⁵⁾によれば、東京都においては、東北地方太平洋沖地震による停電は一部を除いて発生していない。さらに、東京消防庁ならびに稲城市消防本部に出火建物付近の停電の有無を問い合わせ、停電が起きていないことを確認した。

東京都内では29件の火災が発生（表-3）し、そのうち電気火災26件(90%)を占めた。また、地震後2時間以内に21件発生するなど、地震直後の出火が電気火災の8割を占めた。

出火原因を見ると、揺れによる落下物により電気ストーブやヒーターのスイッチが入ったもの8件、観賞魚用ヒーター4件、白熱スタンドの転倒落下3件となっており、いずれも地震の揺れに伴って熱源が発生したためであった。兵庫県南部地震においては、復電に伴って地震から時間が経過してから多数の火災が発生し、いわゆる通電火災として問題となったが、地震の揺れにより出火の条件が揃えば、停電の有無にかかわらず出火に至ることが示された。出火した建物は、耐火造24、準耐火造2、防火造3となっており、大半は中高層の共同住宅からの出火であり、出火建物の被害は発生していなかった。

兵庫県南部地震では、出火原因として観賞魚用ヒーターが認知されることとなった⁹⁾が、安全装置のない旧型が依然として使用されており、出火に至ったことが確認された。東日本大震災の出火の中で、観賞魚用ヒーターは全5件、うち4件が都内で発生した。

6. 震度別出火率

(1) 震度曝露人口の算出

a) 東北地方太平洋沖地震

震度曝露人口²⁹⁾を算出するため、平成22年国勢調査³⁰⁾による500mメッシュの世帯数を使用した。推定計測震度は250mメッシュに付加されているため、メッシュ内に均等に世帯が分布していると仮定し、500mメッシュ世帯数の4分の1を、500mメッシュ内の各250mメッシュの世帯数とした。このようにして算出された震度曝露人口（世帯数）を、表-5に示す。震度5弱は約1030万世帯と最も多く、次に震度5強の約560万世帯、震度6弱の約

表-5 震度曝露人口（世帯数）

計測震度	東北地方太平洋沖地震 世帯数	兵庫県南部地震 世帯数
5弱	10,252,412	-
5強	5,582,939	-
6弱	1,392,551	964,265
6強	183,916	477,353
7	-	173,072
合計	17,411,818	1,614,690

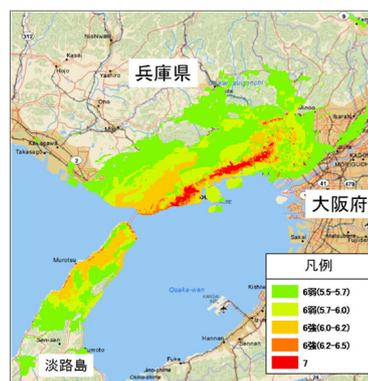


図-10 兵庫県南部地震における震度曝露人口算出地域（震度6弱、震度6強、震度7）

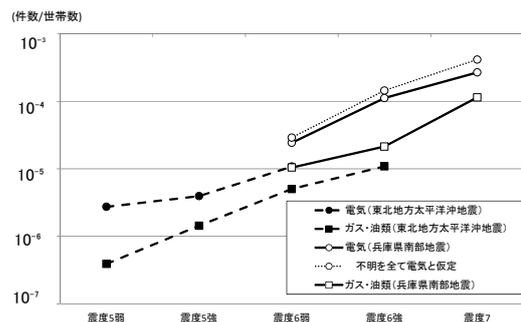


図-11 地震型火災の震度別出火率（72時間以内）

140万世帯、震度6強の約18万世帯となった。なお、分析対象から除外した福島県内の5消防本部の管轄市町村については、震度曝露人口から除外している。

b) 兵庫県南部地震

兵庫県南部地震における火災情報は、秦ら³¹⁾が構築した火災データベースを使用した。地震動分布は、山口・山崎³²⁾が行った低層木造建物被害率から面的な地震動を逆推定した地震動分布を使用した。この地震動は町丁目単位で面的に推定されており、強震記録が観測されていない震度7の帯など、被害の大きかった地域が再現されている。山口・山崎³²⁾で推定されていない広域の地震動分布については、末富ら³³⁾による地震動観測値の補間推定を行った250mメッシュ地震動分布を使用した。

なお、震度曝露人口を算出するため、町丁目地震動が推定されている地域については、市町村住民基本台帳

の世帯数³⁴⁾⁻⁴¹⁾を使用し、250mメッシュ地震動の地域については、平成7年国勢調査⁴²⁾の500mメッシュ統計を使用した。震度曝露人口算出地域を、図-10に示す。広域の震度分布から震度6弱以上の地域を対象とした。

このようにして算出された震度曝露人口（世帯数）を、表-5に示す。震度6弱は約96万世帯と最も多く、次に震度6強の約48万世帯、震度7の約17万世帯となった。

(2) 震度別出火率

(1)で示した震度曝露人口を用いて、地震型火災の震度別出火率の算出を行った。ガス・油類は、震度が大きくなるに従って、出火率が高くなる傾向が見られた。電気は、概ね震度と出火率の間には正の関係が見られる。

また、震度6強の出火率と震度5強、5弱の出火率との間に大きな差が見られなかった。関澤・佐々木¹²⁾や樋本ら¹³⁾の、建物倒壊率と出火率との間に相関が見られないとの指摘がなされているが、震度と出火率の間には概ね正の相関があると言える。

兵庫県南部地震では、全285件の火災の約半数の146件が出火原因が不明とされた。そのため、原因が判明している火災だけを対象とすると出火率が過小に評価される。そこで、出火原因が判明している火災件数に、原因不明の火災件数を出火原因の比率で案分したものを加算し、この原因別の出火件数を使って出火率を算出した（図-11）。また、原因不明のほとんどは電気火災であったとの指摘²²⁾⁻²⁴⁾もあることから、不明の全てを電気とした場合の値についても参考値として算出した。電気については、兵庫県南部地震の出火率は、震度6弱で東北地方太平洋沖地震の約2.3倍（不明を全て電気とした場合約2.7倍）となった。ガス・油類は、震度6弱で約2.1倍、震度6強で約2.0倍となった。

7. まとめ

本稿では、東北地方太平洋沖地震における地震型火災の特徴について検討した。本研究で得られた結果をまとめると以下の通りである。

- ・ 東北地方太平洋沖地震で発生した火災の住所、出火日時、覚知日時、焼損面積、出火原因、火災種別、推定地震動からなるデータベースを構築した。
- ・ 建物火災のうち、地震型火災の不明を除く出火原因の内訳は、電気を原因とする火災が支配的であり、兵庫県南部地震と同様の結果となった。
- ・ 建物火災のうち、焼損面積の内訳を見ると、大部分は単体火災であり、1000m²を超える火災は発生しなかった。
- ・ 出火原因別に出火日時と累積出火割合の関係を示し、

停電がほとんど発生しなかった関東地方において、多数の電気火災が発生していた。非停電地域として東京都内の電気火災をとりあげ、電気火災は停電後の復電時のみならず、電力が供給されていれば発生のリスクがあることが示された。

- ・ 消防本部に停電の有無及び復電時刻を照会し、地震後4時間以降72時間以内に復電に伴う火災が9件（東北電力管内3件、東京電力管内6件）発生したことを確認した。
- ・ 出火点ごとに250mメッシュの推定計測震度を付加し、世帯数あたりの出火原因別の出火率を算出した。その結果、ガス・油類は震度が大きくなるほど、出火率は上昇する傾向が見られたが、電気については震度6弱の地域がもっとも出火率が大きくなった。

東北地方太平洋沖地震では、大規模な延焼火災は発生していないものの、電気火災リスクは小さくないことが示された。電力供給信頼性の高い首都圏においては、揺れが大きい地域において地震後も停電しない可能性が高く、兵庫県南部地震と同様に、揺れが大きいほど出火率が高くなることが推測される。電力の安定供給と地震時の早期復旧は社会的に望まれているが、電気火災の発生抑止という観点からは、感震ブレーカー等の需要サイドの出火防止対策の推進、地域の火災リスクを踏まえた戦略的な供給停止や、関係機関と連携した供給再開といった、地震時の供給停止や復旧のあり方について、ステークホルダーによる議論が必要であると著者らは考えている。今後発生が強く懸念される首都直下地震や南海トラフの巨大地震における火災対策において、電気火災対策の重要性を改めて再認識する必要があると言えよう。

謝辞：貴重なデータをご提供をいただきました消防機関の関係者の皆様に、心より御礼申し上げます。推定地震動データを日本エイト技術開発の末富岩雄氏、福島康宏氏、山口直也氏、千葉大学教授の山崎文雄先生からご提供いただきました。ここに記して深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 総務省消防庁：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148報），2013
- 2) 井上一之：帝都大火災誌、『震災予防調査会報告』第100号戊，震災予防調査会，pp.135-184，1925
- 3) 諸井孝文，武村雅之：関東地震（1923年9月1日）による被害要因別死者数の推定，日本地震工学論文集，4，pp.21-45，2004
- 4) 北陸震災調査特別委員会：昭和23年福井地震震害調査報告 建築部門，1951

- 5) 消防庁：新潟地震火災に関する研究，1965
- 6) 東京都防災会議：1968年十勝沖地震における石油ストーブ等火気による出火機構（追跡）調査報告書，1969
- 7) 東京都：1978年宮城県沖地震に関する調査報告書，1979
- 8) 全国消防長会：平成5年(1993年)釧路沖地震被害調査報告書，1993
- 9) 消防科学総合センター：地震時における出火防止対策のあり方に関する調査検討報告書，1998
- 10) 総務省消防庁：平成16年(2004年)新潟県中越地震（確定報），2009
- 11) 資源エネルギー庁編：地震に強い電気設備のために，p.233-246，1996
- 12) 関澤愛，佐々木克憲：東日本大震災による地震火災の特徴，地域安全学会梗概集，29，pp.63-64，2011
- 13) 樋本圭佑，田中哮義，山田真澄，西野智研：東日本大震災 地震火災と津波火災のそれぞれの被害の特徴，2011
- 14) 廣井悠，山田常圭，坂本憲昭：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，18，pp.161-168，2012
- 15) 村田明子，北後明彦：平成23年（2011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，63，No.1，pp.1-6，2013
- 16) 吉永潤二，山田常圭：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，63，No.1，pp.7-12，2013
- 17) 岩見達也：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4 津波浸水範囲以外の地域で発生した火災の概要），火災，63，No.2，pp.7-12，2013
- 18) 樋本圭佑，山田真澄，西野智研：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5 世帯あたり出火件数といくつかの地震動指標の関係），火災，63，No.2，pp.13-18，2013
- 19) 地震工学委員会ローカルサイトエフェクト小委員会：地震動のローカルサイトエフェクト-実例・理論そして応用-，2005
- 20) 総務省消防庁：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
- 21) 末富岩雄，福島康宏：東北地方太平洋沖地震の概要（地震と地震動），東日本大震災被害調査報告書，(株)エイト日本技術開発，pp.26-31，2011
- 22) 神戸大学室崎研究室：阪神・淡路大震災時の火災の延焼状況調査報告書，地域環境防災研究所，1995
- 23) 日本火災学会：1995年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書，1996
- 24) 神戸市消防局：阪神・淡路大震災における火災状況，1996
- 25) 東京電力：東北地方太平洋沖地震に伴う電気設備の停電復旧記録，2013
- 26) 経済産業省 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 電力安全小委員会 電気設備地震対策ワーキンググループ：報告書，2012
- 27) 例えば，河北新報：電気の復旧進む仙台市内 「通電火災」が多発(2011年3月15日)，2011
- 28) 中央防災会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ：首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告），2013
- 29) 能島暢呂，久世益充，杉戸真太，鈴木康夫：震度曝露人口による震災ポテンシャル評価の試み，自然災害科学，23-3，pp.363-380，2004
- 30) 総務省：平成22年国勢調査地域メッシュ統計，2012
- 31) 秦康範，藤田将行，中瀬仁，加藤孝明，関澤愛：1995年兵庫県南部地震における電気火災分析のためのデータベース構築，第2回相互連関を考慮したライフライン減災対策に関するシンポジウム講演集，pp.128-131，2010
- 32) 山口直也，山崎文雄：1995年兵庫県南部地震の建物被害率による地震動分布の推定，土木学会論文集，612/I-46，pp.325-336，1999
- 33) 末富岩雄，石田栄介，福島康宏：全国即時地震動分布推定のためのモデル構築に関する一検討，第13回日本地震工学シンポジウム，2010(CD-ROM)
- 34) 神戸市：町別・男女別・世帯数・人口統計（1995年1月4日），1995
- 35) 芦屋市：町別人口統計（1994年12月31日），1994
- 36) 西宮市：町別・男女別・世帯数・人口統計（1994年9月30日），1994
- 37) 尼崎市：町丁別人口及び世帯数（1994年9月30日），1994
- 38) 伊丹市：町別人口統計（1995年1月1日），1995
- 39) 宝塚市：町別人口統計（1994年9月末），1994
- 40) 川西市：町別人口集計表（1994年12月末），1994
- 41) 明石市：町別人口統計（1995年1月1日），1995
- 42) 総務省：平成7年国勢調査地域メッシュ統計，1997

(2013. 11. 19 受付, 2014. 3. 6 修正, 2014. 3. 13 受理)

CHARACTERISTICS OF NON-TSUNAMI INDUCED FIRES DUE TO THE 2011 OFF THE PACIFIC COAST OF TOHOKU EARTHQUAKE

Yasunori HADA and Yuhei HARADA

Around 330 post-earthquake fires occurred due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. Not only in Tohoku region with devastated tsunami damages but also in Kanto region, there were large number of outbreak of fires. In this study, firstly, fire incident database based on data provided by affected fire departments was developed. Secondly, electric fires was shown as dominated cause of earthquake-induced fires (non-tsunami induced fires). Thirdly, based on relations between time of outbreak of fires in cumulative outbreak ratio, its characteristics were discussed. It is shown that electric fires are able to occur without power outage area. Finally, fire outbreak ratios according to seismic intensities and causes of fires were calculated.