

2011 年東日本震災の津波火災の発生条件

Conditions of outbreaking of fires in residential areas for the case of the tsunami of the 2011 Great East Japan Earthquake

都司 嘉宣¹・増田 達男²

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分に関東から東北地方に掛けての太平洋海岸の沖合に発生した「東北地方太平洋沖地震」(以下、慣例に従って「東日本震災」と呼ぶ)は、マグニチュード M 9.0 という我が国未曾有の規模を持つ超巨大地震であった。この地震に伴う津波は、岩手県、宮城県の海岸をはじめとして、千葉県以北、北海道にまで被害をもたらし、およそ 1 万 8 千人の死者、行方不明者を生じた。

消防庁消防研究センター (2011) は、この超巨大地震によって、合計 303 件の火災を生じたと報告しており、このうち、157 件が主として内陸地方に生じた地震動による火災、146 件が津波に伴う火災であったと指摘している。

日本火災学会東日本大震災調査委員会 (2016) によって編集された『2011 年東日本大震災火災等調査報告書・完全版』は、この地震・津波に伴うさらに詳細な火災報告を行っている。以下では、この報告書を『火災報告書』と略述することにしよう。これによると、火災の要因別分類の結果 159 件が津波による火災、175 件が地震動による火災としている。この火災数は、気仙沼市や大槌町のような数十軒から百軒を超えるような広域での大規模火災も、自動車からの発火によるただ 1 輛の火災も、ともに 1 件と数えている。

ところで、『火災報告書』は、東日本震災によって発生した火災の各事例については詳

細に客観的な事実が述べられているのであるが、その火災が発生した場所での津波の浸水高さ (平均海面から測った津波の高さ)、冠水量 (地面標高から測った津波の高さ、「津波深」) についてはほとんど述べられてはいない。本稿の目的は、津波による火災発生のメカニズムを解明することであるが、この目的を達成するためには、個々の火災の発生に関する客観的な事実の把握と並んで、その場所での津波の条件、すなわち、その場所での津波浸水高さ、地面標高、地上冠水量などの数値等を合わせて把握することは必須である。そこで本稿では、『火災報告書』に述べられた個々の火災発生地点での津波の浸水高さを、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ (2011) によるデータベースの値を参照して記述した。このデータベースには総計約 5,900 点での津波浸水高の値が地図標高 (TP) によって記載されている。この数値はほぼ平均海面 (SML) を基準として測った津波浸水高の数値と同一である。この数値から測定した点の地面標高を減じたものが冠水量 (=津波深) の数値となる。

2. 火災規模による分類

本稿では、車両火災にせよ建物火災にせよ火災した場所が 1 点に留まっていて延焼がなかったものを「ピンポイント火災」と呼ぶこととし、分類 1 とした。複数の家屋に火災が及んだもののうち、住家、あるいは工場など火災が 2, 3 棟に留まったものを小規模火災として分類 2 とした。火災軒数が 4 軒以上で 20 軒以下の場合を中規模火災とし分類 3 と

¹ 深田地質研究所

² 金沢工業大学

した。それ以上の広域に火災が及んだ場合を分類 4 とすることとした。分類 4 には火災面積が 1ha (= 一万平方メートル) を超える大規模な広域火災の事例を含んでいる。家屋の棟として識別できない堆積した瓦礫の火災、あるいは火災が森林地域に及んだ場合も、その火災区域の面積に準じておよそこの 4 分類に分けることとした。

『火災報告書』に記された 159 件の津波火災の中には、地震津波発生後、24 時間以上経過して発生した火災事例も含まれている。電力復旧時の再通電に伴う火災や、津波後 24 時間以上経過して被災した自宅に戻った人が、ロウソクの火を頼りに室内に入ったところ、そのロウソクの火から生じた火災などである。本稿では、津波によって直接火災を生じたメカニズムを解明するという立場から、このような火災事例はすべて議論の対象外とした。

また、地震発生から市街地に最大津波が侵入するまでに、三陸海岸では約 1 時間が経過しているが、この約 1 時間のうちに地震動が原因する火災が発生し、津波が来襲したのち津波被災域に入った事例も「津波が原因した火災」とは言えないので、このような例も除外した。

3. 津波による火災発生の過去の事例

津波による火災発生のメカニズムを考察するためには、2011 年東日本震災の津波だけではなく、年代の異なる他の大規模津波のさいの火災の発生状況も把握しておくことが必要であろう。

明治 29 年 (1896) の明治三陸地震の津波は、2011 年の津波より多い約 2 万 2 千人の死者を生じた大災害であったにもかかわらず、火災は 1 件も発生していない。昭和 8 年 (1933) の三陸地震津波では釜石の市街地の 3 カ所で小規模な火災が生じただけであった。以上 2 回の津波は、2011 年東日本震災の津波よりは若干規模が下回るが、まずまず同規模の津波が同じ三陸海岸を襲った、ということがで

きる。それでいて、これらの両三陸津波ともほとんど火災が生じていなかったことは注目すべきである。ほぼ同規模の津波が、ほぼ同一の海岸に来襲しながら、一方は百カ所あまりの火災を生じ、他の二事例では火災ゼロ、あるいは小規模火災が三カ所であったという極端な差異があったのはなぜなのか、これは是非解明されるべき事柄である。なお、この三つの津波の発生時間を記しておく、明治三陸津波が 19 時 32 分、昭和三陸津波が午前 2 時 31 分、東日本震災が 14 時 46 分で、いずれも家庭内で最も火を使う炊事時刻ではなかった。

昭和 35 年 (1960) のチリ津波の際には火災は田辺市で LP ガス (プロパンガス) コンロから発した火災が 1 件あっただけであった (矢沼ら, 2015)。昭和 58 年 (1983) に秋田県沖の海域で生じた日本海中部地震の津波では火災は生じなかった。

平成 5 年 (1993) の北海道南西沖地震のさいには、最大被災地となった奥尻島の青苗の市街地で大規模な火災があった。

以上のような過去の津波の事例を見比べると、明治時代には津波による火災はなく、昭和 40 年 (1865) ころまでの津波でもほとんど火災は発生しておらず、その後になって初めて津波による火災が生じていることがわかる。このような事実から考えると、津波に誘発された火災の原因は、明治時代から昭和 40 年代までにはあまり普及しておらず、その後普及した「何か」であると推測される。

江戸時代に起きた歴史事例の中の津波に伴う火災についても述べておこう。江戸時代の前半に関東地方南部に起きた元禄地震 (1703, M8.2)、東海地震と南海地震が連動して起きた宝永地震 (1707, M8.7)、北海道渡島大島噴火津波 (1741)、寛政 5 年 (1790) 島原大変、安政東海地震 (1854, M8.4) 等はいずれも大規模な津波を生じたが、いずれも火災は生じなかった。これに対して安政南海地震 (1854, M8.4) の津波の際には紀伊田辺、小松島、高知城下、宿毛で大規模な市街地火災が発生している。これらの歴史津波の火災

の起き方に差異を生じた理由は、発生時刻によるものと考えられる。すなわち、元禄地震の発生時刻は深夜2時、宝永地震は午後2時、渡島大島噴火地震は未明早朝、島原大変は夜19時であった。いずれも家庭内での炊飯時間からずれている。これに対して、安政南海地震は17時であって、ちょうど夕方の炊飯時刻に当たっており、時間的に多くの家庭で火が使われていた時に発生した津波であった。これが、高知城下など三つの市街地で大規模な火災を生じた原因となったと考えられる。

東日本震災は、地震が14時46分に発生し、三陸沿岸に津波が襲ったのはその約30分から1時間後の15時半前後であって、一般家庭で多く炊飯用の火が使われていた時間ではない。このことから、東日本震災の火災の発生原因として、家庭内の炊飯の火が主たるものではないと考えられる。

4. 2011年東日本震災の火災発生事例分類1：ピンポイント火災の事例と津波条件

この章では、自動車の車両1輛だけの単独

火災、あるいは単一家屋のピンポイント火災について述べていこう。

4.1 函館市での自動車の発火

北海道函館市の市街地では、車両火災が2件で、配電盤浸水による小火災が1件発生しており、いずれも函館市街地の西側海岸の市街地での火災である。東日本震災の震源海域とは反対側の日本海に向けた海岸であるため、津波の浸水高はさほど高くなかった。図1で△印は自動車の車両火災の発生した海岸町と大手町、■印は配電盤の浸水による建築物の小火災が生じた場所である。小さな「●」印は東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2011)によって津波の浸水高さが測定された地点で、その脇に記した数字は津波の浸水高さをTP(m)で表したものである。火災を生じた3点に対しては、その場所の地面標高を、国土地理院の地図情報サイトから読み取った値(m)が記してある。本稿では以下でも同様の図を数多く掲げるが、記号、数字の意味はこの図と同様である。

自動車火災を起こした点のうち、大手町点での津波浸水高は1.6mと推定される。配電

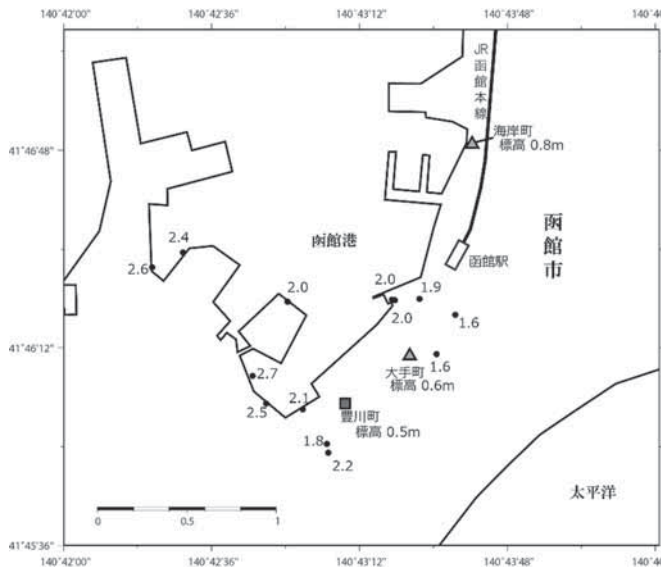


図1 函館市市街地での火災 △は車両火災、■は配電盤浸水による建物の小火災 印わきの数字はその点での津波浸水高(m)

盤火災を生じた豊川点では浸水高は直近の点の値を読み取って 1.8m と推定する。海岸町点付近には津波浸水高を測定した点はないが、他の海岸線上の浸水高の値が 2.0m であるから、ここでもこの値であったと推定する。

以上の津波浸水高の考察によって、大手町点では、自動車の単独火災が発生し、そこでの浸水高 (Submergence height, 以下「浸水」, あるいは「 s 」と略す) は 1.6m, 地面標高 (Ground height, 以下「標高」, あるいは「 h 」と略す) が 0.6m となって、津波来襲時の海水の冠水量 (Flooded amount, 「冠水」あるいは「 f 」と略す) は、これらの 2 つの数値 (s と h) の差の 1.0m となる。海岸町点では、浸水が 2.0m, 標高が 0.8m, 冠水が 1.2m であった事になる。自動車の火災発生は、冠水 1.0m, および 1.2m で発生していることになる。自動車内のバッテリーの正負両極のプラグが海水によって浸水する冠水高さとほぼ等しい。すなわち海水面がこの高さに達して電気ショートを起こし、スパークが飛んで着火したと推定される。

配電盤火災を生じた豊川町点では、浸水が $s=1.8\text{m}$, 標高が $h=0.5\text{m}$ であって、冠水は $f=1.3\text{m}$ であったことになる。

以下の諸図においてもここに記したのと同様の浸水 s , 標高 h , 冠水 f の推定を行うが、

個々の場所での推定手順はほぼ同じであるので、これらの数値を求めるさいにここに記したような詳細な説明は以下では多くの場合に略することにする。

4.2 青森県八戸市でのピンポイント火災

青森県八戸市の市街地では、4ヶ所でピンポイントの津波火災が発生し、うち1ヶ所が車両火災, 3ヶ所が建物の火災である。ただし、3ヶ所の建物火災のうち1ヶ所は津波に浸水した車両からの発火と推定されている (『火災報告書』)。

建物火災のうち、河原木 1 点での浸水 s は周辺 3 点 (5.0m, 6.3m, 6.4m) を参照して $s=5.8\text{m}$ とする (注)。ここでの標高は $h=2.9\text{m}$ であるから、冠水 $f=2.9\text{m}$ である。河原木 2 点では、浸水 $s=5.0\text{m}$, 標高 $h=2.3\text{m}$ であるから、冠水 $f=2.7\text{m}$ とする。

八戸の古い市街地である白銀 (しろがね) 二丁目の点では、周辺 5 点を用いて浸水 $s=4.1\text{m}$ を得た。標高が $h=2.5\text{m}$ であるので、冠水 $f=1.6\text{m}$ となった。

自動車火災が起きた河原木 3 点では、浸水 $s=6.0\text{m}$, 標高 $h=4.1\text{m}$ であるので冠水 $f=1.9\text{m}$ となった。

(注) 浸水高が知りたい点 P の直近に測定点がない場合に、その点での浸水高を決める

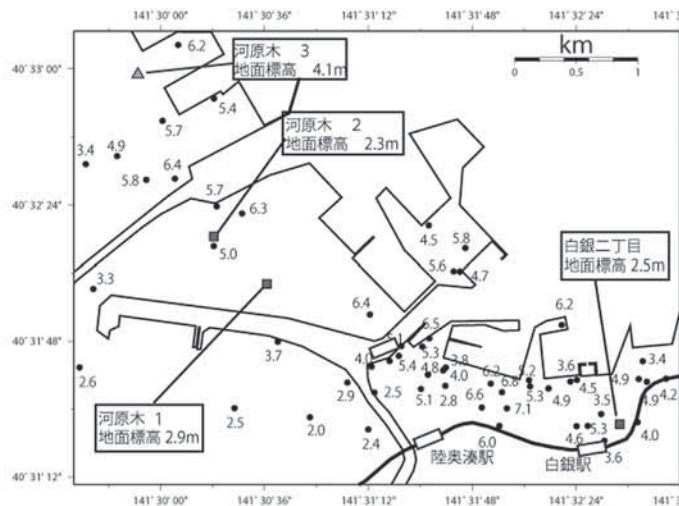


図2 青森県八戸市の火災発生点 (■印は建物火災, ▲印は車両火災)

のには、主観性を排除するために次のような手続きを取った。すなわち、点Pに近い周辺の測定点を2点ないし7点を選び出し、点Pから各点に至る距離の逆数の重みを加えた平均値を算出してその点での浸水値とした。この計算にはエクセルソフトを用いた。

4.3 岩手県釜石市中心市街地の4ヶ所でのポイント火災

岩手県釜石市の中心部では、只越町で1点、港町の2点の合計3点で車両出火があった、と報告されている。また大町で1カ所の家屋1棟の火災があった。図3に只越町、港町、大町の範囲を示した。車両火災が只越町、港町のどの点で生じたかがわからないが、只越町での浸水はおよそ $s=8.0\text{m}$ とし、地面標高を $h=1.6\text{m}$ として冠水 $f=6.4\text{m}$ とする。港町も広域で自動車火災の発生点は不明であるが、冠水は平均をとって $s=8.2\text{m}$ 、標高 $h=2.5\text{m}$ 、であって、冠水 $f=5.7\text{m}$ とする。函館や八戸で得られた同様の数値とは大きく離れている。家屋1棟の火災を生じた大町では、浸水高 $s=5.8\text{m}$ 、標高として平均値 $h=1.4\text{m}$ を用い、

冠水 $f=3.4\text{m}$ と推定した。

4.4 岩手県釜石市唐丹町での車両火災

釜石市の中心街から約10km南の唐丹（とうに）地区で車両火災があったと記録されている。しかし唐丹町の領域が6個もの漁港集落にまたがる広域であるため、その中のどの地点で発生したのか特定できないので、遺憾ながら統計的な基本データを抽出する材料とはならなかった。

4.5 宮城県女川町塚浜の建物火災

女川町の中心市街から牡鹿半島の先端に向かって直線で約7km南東方向に進むと、五部浦湾に達する。この湾の海岸線上には五個の漁業集落が連なっており、その一つに塚浜がある。『火災報告書』によると、ここで3月11日14時52分、すなわち本震の6分後、まだ津波が到達していない時間に、二階建ての鉄筋コンクリート建物の2階部分で電気器具から火災が発生した。厳密には津波による火災の発生ではないが1棟の焼損を招いている。

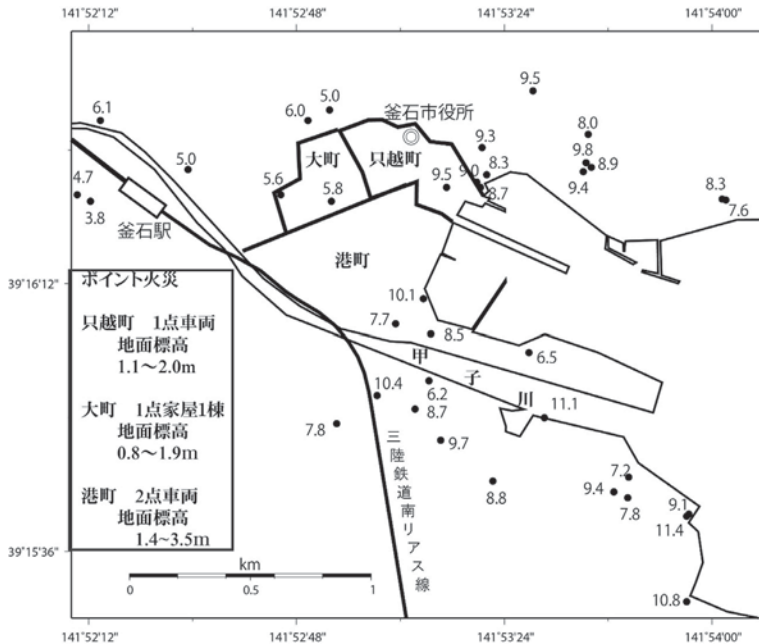


図3 岩手県釜石市中心市街でのピンポイント火災の発生状況

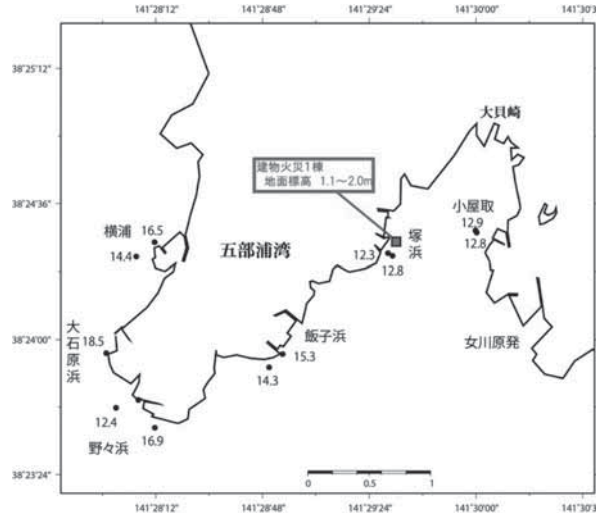


図 4 宮城県女川町塚浜での地震火災

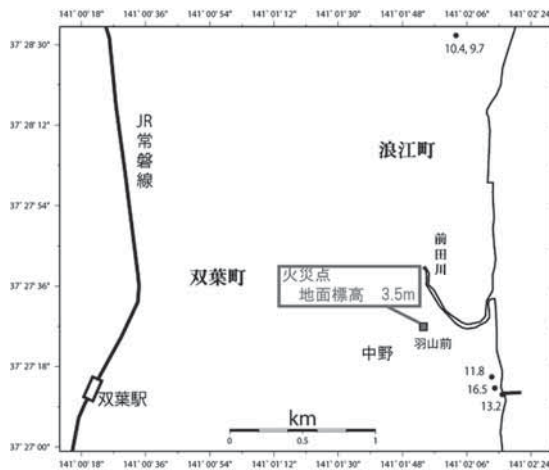


図 5 福島県双葉町中野地区羽山前の住宅火災

4.6 福島県双葉町羽山前の住宅火災

東日本震災の津波は三陸海岸だけではなく福島県の直線状の海岸でも大きな浸水高さを記録した。津波襲来の過去事例が三陸海岸ほどは多くなかったために、かえって住宅地の被害が大きくなった傾向がある。双葉町の前田川河口に近い右岸側平野部の中野地区羽山前でピンポイント住宅火災が生じた(図5)。津波浸水高さの測定点が乏しいが、図5に表示された全3点を参考にして $s=11.2\text{m}$ を

得た。この計算には局地的な波高増幅効果があったと考えられる。火災点の地面標高は $h=3.5\text{m}$ であるので冠水は $f=8.7\text{m}$ の大きな数値となった。

4.7 茨城県日立市留町の自動車火災

茨城県日立市では、輸出用に海岸に並べられていた713輛の自動車が火災にみまわれるという事態が起きた。決して「ピンポイント火災」ではないが、火災が住宅や事業所建物

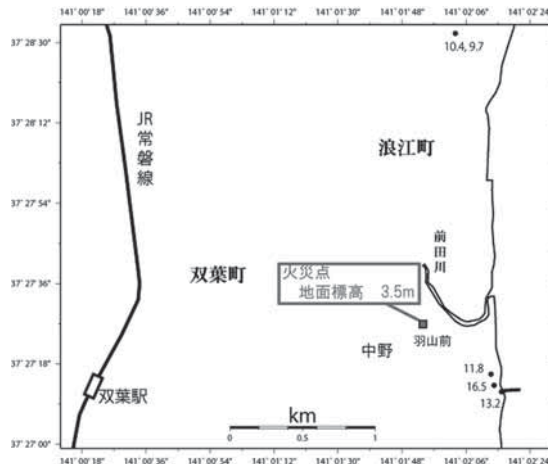


図6 茨城県日立市留町の日立港内で起きた輸出用自動車 713 台の火災

に及ばず純粋に自動車だけの火災事例であったので、本章で述べることにする。状況は図6に示すとおりで、津波浸水高さは周辺4点の測定値を参考にしてここでの津波浸水高さは $s=5.3\text{m}$ であったと推定される。地面標高 $h=3.5\text{m}$ であるので、ここでの冠水量は $f=1.8\text{m}$ であったと推定される。

5. 2011 年東日本震災の火災発生事例分類Ⅱ：少数家屋の火災

5.1 岩手県野田村の住宅火災

岩手県野田村の村役場から南東方向に約1kmの太平洋に面した台地上に数軒の家屋のあった小市街地があり、ここで住宅火災が発生した。『火災報告書』によると、この火災は地震発生後1時間が経過した3月11日15時46分に発生した、とあるので、まさに津波の最高波が襲った直後である。火災現場は2階建て集合住宅1棟と、住宅、食堂、倉庫などから成る8棟の建物群である。焼失面積は0.2haと小規模な市街地火災であった。火災範囲の西側は三陸鉄道北リアス線の線路に接しており、また東側は国道45号線が走っている樹木に囲まれた標高14.3mほどの台地の上に散在する住宅地で、類焼を受けたわけでも、また近隣の住宅に類焼を及ぼしたわけでもない。『火災報告書』には、この現場を、

野田村職員がデジタルカメラで撮影した①3月11日15時32分、②15時46分、③15時56分、④16時42分の4枚の現場写真が掲載されており、次のようなことを読み取ることが出来る。

- (1)津波来襲時刻は15時32分の直後であった
- (2)15時46分の写真では、津波によって家屋が大破している
- (3)15時46分の写真の南側の2階建家屋の屋根にかすかに室内から揚がった白煙が立ち上っているのが観察される。すなわち津波来襲後14分の時点で南側家屋の室内にはすでに火災を生じている。
- (4)15時56分には南側の住家の東側側面に炎が見られ、さらに白煙が盛んに立ち上っている
- (5)16時42分の写真では、南側の住家はほぼ完全に焼失し、北隣の家屋が火災の盛期を迎えている。

この火災の出火原因は特定されていない。この現場に南東方向から押し寄せてきた津波は車両や建築物を瓦礫化して三陸鉄道の線路の手前に堆積し、これが炎上して、火災は翌朝まで継続したとされる。また現場には焼けたプロパンガスボンベが散見された、と『火災報告書』に記されている。

以上の記述によると、最初の出火の原因は

自動車のバッテリーの浸水であってもおかしくないし、プロパンガスから漏れた可燃ガスへの引火が原因であってもおかしくない。ただし、ここで注意すべきは、「瓦礫の堆積や車両が炎上した」と証言されていることである。家屋が形状を保って火災に至ったわけではなく、瓦礫の堆積となってそれが炎上したことに注意したい。

この火災現場を含む、野田村の海岸全域の津波浸水高の分布を図 7 に示す。火災現場付近では、津波浸水高は $s=16.8\text{m}$ と測定されている。焼失した住宅を載せる台地の標高は $h=14.3\text{m}$ であったので、ここでは地上冠水は $f=2.5\text{m}$ ほどであったことになる。これが、家屋を破壊して瓦礫化し、その瓦礫を堆積させるのに「適した条件」であった、と言うことになる。

5.2 宮古市中心市街地の 2ヶ所の火災

宮古市の中心市街地では、黒田町と大通で建物の火災があったことが記録されている(図 8)。ともに海岸線から約 1.5km ほど離れた古い商業市街地である。黒田町火災点は、浸水 $s=3.6\text{m}$ (4点採用) で、標高 $h=2.1\text{m}$ で

あるから冠水 $f=1.5\text{m}$ であった。大通二丁目火災点は浸水 $s=3.6\text{m}$ (4点採用) で、標高 $h=2.4\text{m}$ であるから冠水 $f=1.2\text{m}$ であったことになる。

5.3 岩手県山田町大沢の住宅火災

宮古市に南接する岩手県山田町の大沢は、山田湾の北岸に広がる市街地である。ここでは、地震発生から 15 分後に津波が到達していたと証言されている(『火災報告書』)。火災の発生は 3 月 11 日の 15 時 30 分とされ、津波が引いた後、瓦礫の堆積が形成され、これに火が発したとされるが、出火原因は判明していない。住家 2 棟、および倉庫 1 棟の建物 3 棟が焼失した。焼失面積は 0.24ha と報告されている。倉庫周辺には焼けた自動車が散乱していた。またドラム缶等も確認され、これらから漏れ出した石油類が延焼を助長したと推定される。焼失した 2 棟のうちの 1 軒の居住者の証言によると、自動車で大沢小学校に避難したが、暗くなってから津波で流されて来た燃えた家屋が自宅の真横に漂着し、自宅に燃え移ったということであった。

図 9 によると、この周辺の地面の標高は h

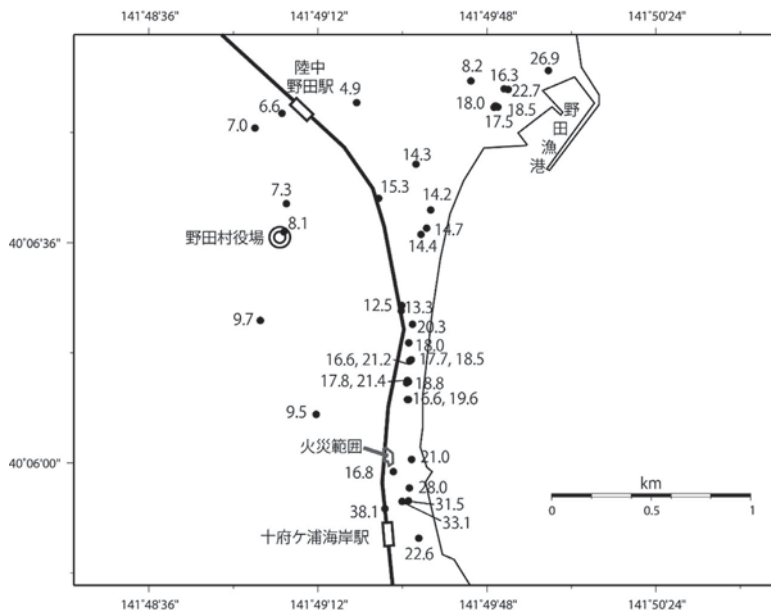


図 7 岩手県野田村野田の住宅火災範囲

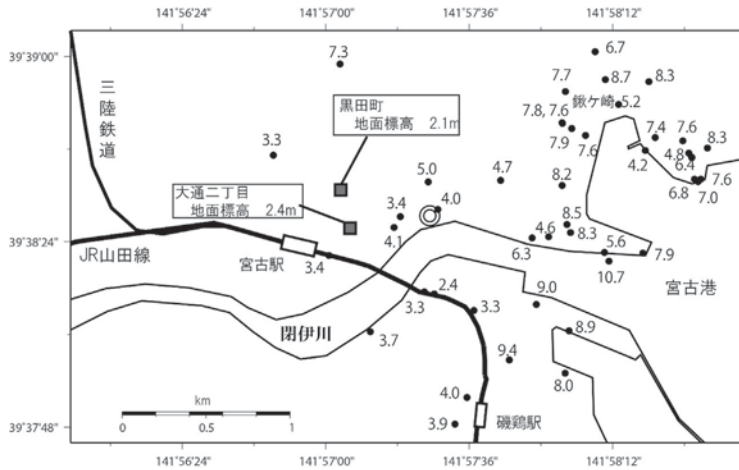


図8 岩手県宮古市中心街の住宅火災

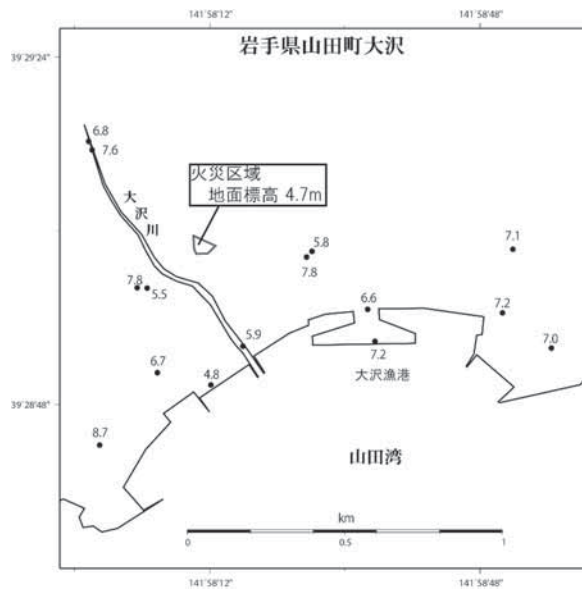


図9 岩手県山田町大沢地区の住宅火災

= 4.7m 前後で、津波の浸水高は周辺 5 点の値を参照して $s=6.6\text{m}$ が得られた。津波来襲時の地上冠水厚さは $f=2.1\text{m}$ が得られた。

5.4 岩手県山田町織笠（おりかさ）の住宅地火災

山田町の中心街から海岸線に沿って約 2km 南下すると、山田町織笠に出る。ここでは、津波は織笠川に沿って遡上した。その浸水高さはおよそ 8.0～9.0m であった（図 10）。河

口から約 500m 遡ったところに JR 山田線の線路橋があり、そのまた約 100m 上流に三陸自動車道路の高架道路橋が架かっている。火災はこの 2 つの橋で挟まれた川の北岸の住宅地で発生した。ここの地面標高は $h=1.3\sim 1.7\text{m}$ に過ぎず、しかも津波の浸水高さは隣接点の測定結果から $s=8.6\text{m}$ と見られるため最大津波の来襲時には、地上冠水厚さは $f=7.2\text{m}$ にも達したはずである。ただし、この数値は、津波が最大浸水した瞬間の冠水で

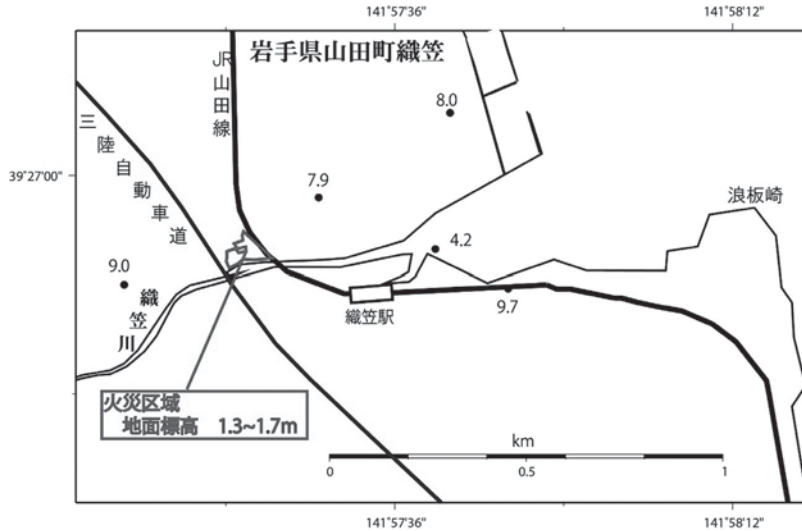


図 10 岩手県山田町織笠での住宅火災

あって、火災はこれより水位が下がってから発生していることに注意すべきである。平野の中であれば、ここに瓦礫が堆積するとは考えにくい、ここには土盛りされた下流側の鉄道橋にせき止められた形で、これより上流で流失した住宅に寄る瓦礫の一部がここに堆積していたのであろう。発火時間は、3月11日の15時25分とあるので、最大の津波が来襲して、その波が引いた直後の時刻に当たっている。『火災報告書』によると、「この地区の山際にあつて被災を免れた人の目撃社の証言に依れば、津波到達後、炎を吹き出していたプロパンガスボンベ等、燃焼漂流物が周辺の敷地に漂着し、家屋に着火炎上したことが火災の原因である、とされている。漂流物の着火点付近で住宅2戸が全焼した」と書かれている。さらに、この火災は3日目(13日)まで燃え続け、住宅2戸が全焼した。延焼が山田線の線路付近に達したのは翌日である。津波翌日の12日にはプロパンガスボンベの爆発音が複数回聞こえた。13日までに川沿いの9戸のうち8戸が全焼した。なお、『火災報告書』の「地震火災一覧」の表では、ここで焼失したのは6棟、焼損床面積は675m²となっている。

5.5 岩手県下閉伊郡山田町船越・田ノ浜の3ヶ所での市街地火災

織笠から南に2km余り進むと、山田湾を脱して大浦半島を根元で横切り、南に開いた船越湾に面した船越の地域にはいる。船越の本集落はJR山田線の西側に、昭和三陸津波(1933)の後に高所移転をしていて、その市街地には東日本震災の津波の被害は無かった。船越湾の最奥部は大浦半島の付け根の地峡に成っているが、東日本震災の津波のさいにはこの地峡を南から北に海水が通り抜けた。この地峡部に、船越公園、鯨と海の科学館、及び海蔵寺の古刹があつたが、東日本震災の津波によって、すべて壊滅した。

船越地峡の北側の山田湾内の海岸にそつて存在する大沢、山田、織笠などの市街地では津波の高さはおおむね $s=9\text{m}$ が上限であつたが、大浦半島の根元を南に横切って外洋に向かって開いた船越湾の海岸に出ると、市街地を襲つた津波の浸水高さは $s=15\text{m}$ から $s=19\text{m}$ にも達している。大浦半島は自然の防波堤として、山田湾の内部をある程度は守つたのである。

この船越湾の湾奥から東の海岸線を南にたどると、船越地区のうちの田ノ浜の集落に達する。ここも昭和三陸津波(1933)の後、集

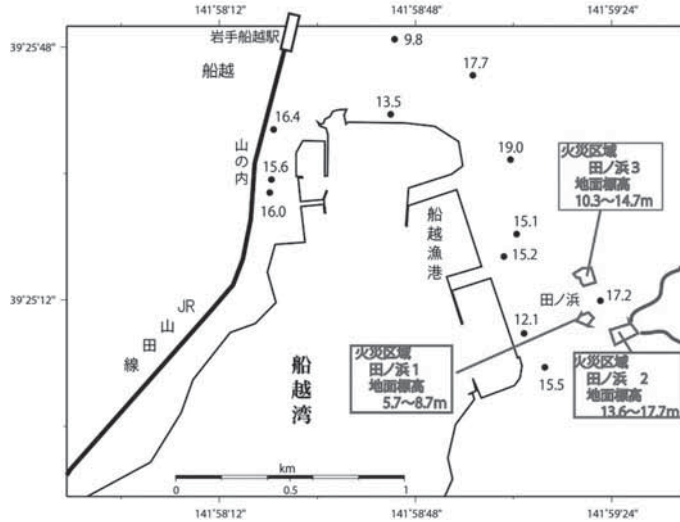


図 11 岩手県山田町船越・田ノ浜地区の火災状況

落の集団高地移転がなされ、住家はおおむね海岸線から 500m 離れた標高 14m から 17m の高所に移転した。しかしながら、東日本震災の津波はここで、遡上高さ標高 $s=17.2\text{m}$ にまで及び、住家に津波被害と、それが原因した火災を生じた。

田ノ浜では相互に分離した 3 つの小区域で火災を生じた (図 11)。『火災報告書』の地図の記載に従って、中央の火災区を①、南側の火災区を②、北側の火災区を③と呼ぶことにする。目撃証言によると中央付近の①の火災は、車からの出火で、その火が瓦礫に燃え移ったものであるという。

この付近での津波浸水高の測定値は $s=17.2\text{m}$ と測定されている。火災区①では、標高の平均値は $h=7.2\text{m}$ であるので、津波来襲時の冠水は $f=10.0\text{m}$ にも達するが、実際の火災は津波が引いた後の瓦礫の堆積に引火したものである。上述の証言がこの事実を裏付けている。火災区②では、標高 $h=15.7\text{m}$ であって、冠水 $f=1.5\text{m}$ であった。火災区③は標高 $h=12.5\text{m}$ で、冠水 $f=4.7\text{m}$ であった。この両者は津波来襲中の火災と推定される。

5.6 岩手県大船渡市市街地の 6ヶ所の火災

岩手県大船渡市の中心街の海岸は、細長い大船渡湾の最奥部にあり、しかも湾の入り口には有名な湾口防波堤があったため、津波はそれほど高くはならなかった。それでも JR 大船渡線より海側はほぼ家屋が全面的に流失した。

ここでは JR 大船渡駅のすぐ西側に当たる明神前地区で自動車の車両火災が 1 件発生した (図 12)。ここでの標高は $h=7.7\text{m}$ 、津波浸水高さは $s=10.4\text{m}$ であったから冠水 $f=2.7\text{m}$ であったことになる。

大船渡の市街地では合計 4 か所で住宅火災、1 か所で瓦礫火災が生じている。

住宅火災は ①赤崎町石橋前、②盛町内ノ目、③盛町中道下、④大船渡町砂子前の工場火災である。これら 4 か所について、津波浸水高 s 、地面標高 h 、冠水量 f を書くと、①が、 $s=6.1\text{m}$ (4 点参照)、 $h=3.7\text{m}$ 、 $f=2.4\text{m}$ 、②が $s=5.7\text{m}$ (3 点参照)、 $h=4.0\text{m}$ 、 $f=1.7\text{m}$ 、③が $s=6.1\text{m}$ (3 点参照)、 $h=3.4\text{m}$ 、 $f=2.7\text{m}$ 、④が $s=7.8\text{m}$ 、 $h=0.9\text{m}$ 、 $f=6.9\text{m}$ となる。津波来襲中、あるいは直後に火災にあった一般住宅では、地上冠水厚さ f の値が一致して 2m 前後の値となっていることに注目したい。

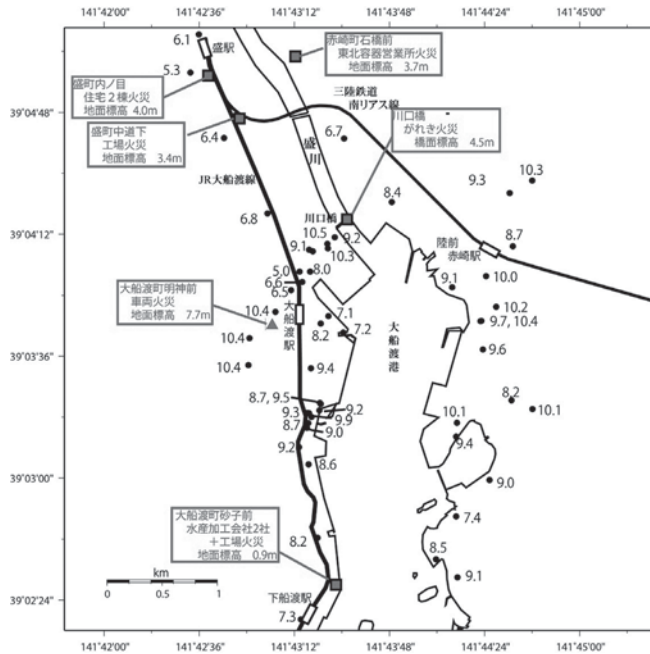


図 12 大船渡市中心市街地で発生した 6 か所の火災点

川口橋に引っかかった瓦礫の火災では、津波浸水高さは $s=9.6\text{m}$ (4 点を参照した結果)、地面標高は $h=4.5\text{m}$ 、であって、冠水量は $f=5.1\text{m}$ であった。瓦礫の堆積の火災は津波の最大波を経験して相当の時間が経過したのちに火災が発生するため、形式的に計算された地上冠水厚さ f は 5m 前後の値となっており、家屋が原型を保った形での火災で多く現れる $f=2\text{m}$ 前後の値とはかけ離れて大きな数値となる。

5.7 宮城県石巻市雄勝町の 2ヶ所の火災区域

石巻市の中心市街から北東方向に約 15km 離れた旧雄勝町には、雄勝湾内外の海岸線上に約 25 個の漁業集落が点在している。このうち元の雄勝町の町役場が置かれていた下雄勝伊勢畑と水浜の 2ヶ所で津波による火災が発生している。『火災報告書』には、伊勢畑では、火災は 3 月 11 日の 16 時 55 分頃発生したとされる。津波の最大波の直撃を受けて約 1 時間後である。出火原因は『車両疑い』と記されている。ここでの津波浸水高さは

$s=15.5\text{m}$ (3 点参照) にも達し、市街地の中心点と考えられる道路屈曲点での標高は $h=3.6\text{m}$ であることから、ここでは津波の最大波来襲時には地上冠水 $f=11.9\text{m}$ であったと計算される。当然ここでは、全戸流失かそれに近い状態であったはずである。実際現地報告記録 (例えば都司ら, 2012) にもこの周囲にはほぼ 1 軒も家屋が残っていない状況が記載されている。当然ここでの火災は堆積した瓦礫の燃焼による火災と推定される。

雄勝町水浜の火災は、3 月 11 日の 15 時 30 分に発生したとされているので、最大津波の来襲直後の出火である。ここでは、面積 702m^2 の焼損とされる。この集落での津波浸水高さのデータはないが、すぐ北の小浜で $s=14.9\text{m}$ 、南の分浜で $s=13.2\text{m}$ である (都司ら, 2012) ので、水浜でも $s=13\sim 14\text{m}$ の浸水高であったはずである。火災が発生した建物の位置は判明しないが、中心市街地道路の地面標高は $h=3\sim 4\text{m}$ であるから、津波来襲時の地上冠水は $f=10\text{m}$ に達して、この付近の家屋は跡形もなく流失して瓦礫化していたはずである。ところがここでは、「焼損床面積が

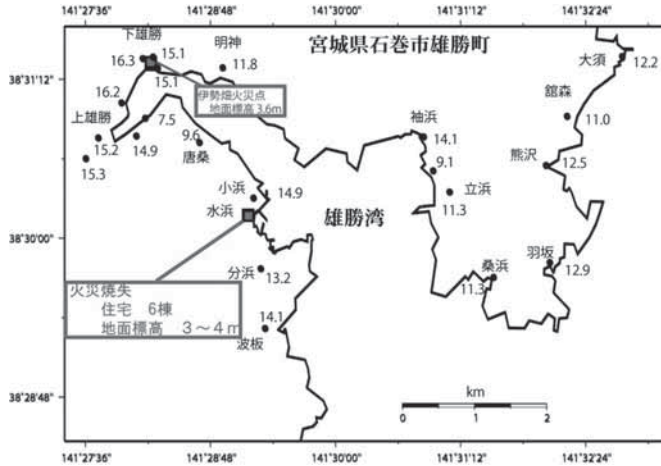


図13 宮城県石巻市雄勝町の火災発生点

推定できる」のであるから、瓦礫の火災ではなく焼失した建物はある程度原形をとどめていたはずで、斜面上やや高地に位置した住宅で火災が起きたものと推定される。

5.8 多賀城市の5ヶ所の火災

仙台市の東に隣接する多賀城市の海岸はすべて工業地帯の港湾地域である。ここでは5か所で火災が発生している(図14)。そのうち2カ所は栄町の住宅で発生している(①, ②とする)。他の3カ所は自動車の火災で、丸山町, 大代町, 宮内町で発生している(③, ④, ⑤とする)。津波浸水高さの推定には、この地区内での9点の平均値を採用して $s=4.3\text{m}$ とする。栄地区の大部分は工業地帯の用地であるが、わずかな住宅地の標高はほぼ標高1.6m前後である。したがって冠水は $f=2.7\text{m}$ である(①, ②とも)。

自動車火災のうち③の丸山町の80%の面積は自衛隊駐屯場と警察学校で占められている。自動車火災を起こした場所は丸山地区の北西部のわずかな一般市街地の内部で、ここでは津波浸水 $s=2.5\text{m}$ 、地面標高は最低所で $h=1.6\text{m}$ である。この付近で車両火災が発生したとすれば $f=0.9\text{m}$ である。

④の大代は地域が広く、どこで車両火災が起きたのか記録されていないが、砂押川に近い低所であるとすれば(図14の4番の▲印

の位置)、標高は $h=2.2\text{m}$ 程度、ここでの津波浸水高は 3.2m であるから冠水 $f=1\text{m}$ であったことになる。

⑤の宮内はやはり全域が工業地で、地面標高はほぼ1.5mで均一である。津波浸水高は 4.4m ほどであるから、ここでの冠水は $f=2.9\text{m}$ であったことになる。

5.9 仙台市宮城野区仙台塩釜港地区の8ヶ所の火災

仙台市宮城野区の仙台塩釜港の地域は過半の領域が工業地帯である。この地域では8カ所で住宅、あるいは建物火災が生じている(図15のA~Hの各地点)。

このうちA~Dの4点は、仙台塩釜港の北側の港四丁目の区域であって、一般住宅地ではなくすべて事業所の建物(工場と推定される)である。隣接するA, Bの標高はともに $h=2.2\text{m}$ であって、A点での浸水高は $s=6.7\text{m}$ 、B点は $s=6.5\text{m}$ となる。ともに周辺4点を参照した値である。地上冠水はA点が $f=4.5\text{m}$ 、B点が $f=4.3\text{m}$ となる。C点はやはり標高 $h=2.2\text{m}$ 、D点は $h=2.0\text{m}$ であって、浸水高はそれぞれ、 $s=6.3\text{m}$ 、および $s=6.6\text{m}$ となり、冠水量はそれぞれ $f=4.1\text{m}$ 、 $f=4.6\text{m}$ となる。

EはJFE(旧日本鋼管)の工場敷地内の建物であって、敷地標高はやや高く $h=3.5\text{m}$ である。津波浸水高の測定点は東側の2点を



図 14 宮城県多賀城市の 5 カ所の火災発生点

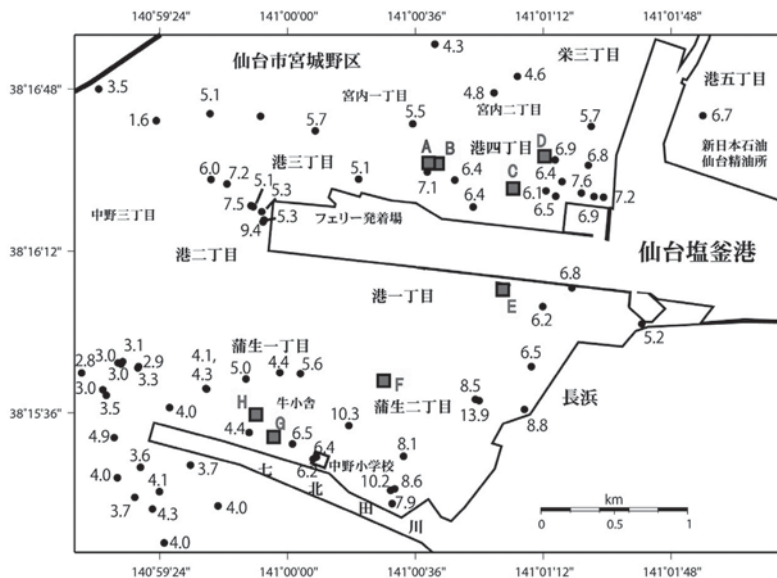


図 15 仙台市宮城野区仙台塩釜港地区の火災発生地域

参照して $s=6.4\text{m}$ と推定される。冠水厚さは $f=2.9\text{m}$ となる。

図 15 の F 点は、蒲生二丁目の事業所の建物であって標高は $h=2.6\text{m}$ 、津波浸水高さは周辺 4 点を参照して $s=8.4\text{m}$ とする。ただし、F 点の周辺 4 点は数値が離散しているため誤差が大きいと推察される。8.5m の数値のほぼ同一点に示された 13.9m のほうの数値は用

いなかった。

G 点と H 点はともに七北田川の北側平野の旧来の住宅地のなかの民家であって、標高は $h=1.1\text{m}$ 、および $h=2.0\text{m}$ である。浸水高は、それぞれ $s=5.6\text{m}$ 、および $s=5.0\text{m}$ であった。そたがって、冠水厚さは $f=4.5\text{m}$ 、および $f=3.0\text{m}$ となる。

5. 10 福島県相馬市原釜の火災

小範囲の住宅地火災は福島県でも生じている。図 16 は相馬市原釜で起きた小範囲の市街地火災である。ここでは周辺 9 点の津波浸水高さの測定値を参照して、 $s=10.4\text{m}$ を得た。地面標高は $h=5.8\text{m}$ であるので、冠水厚さは $f=4.6\text{m}$ になる。標高が比較的高い市街地の火災発生事例として注目すべきである。

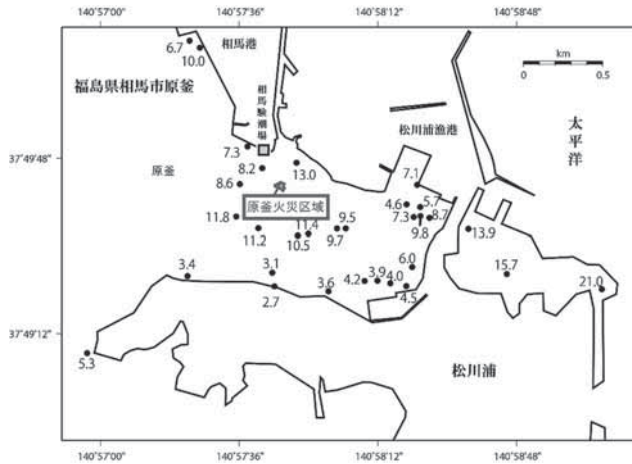


図 16 福島県相馬市原釜の住宅地火災域

5. 11 福島県いわき市平地区の市街地火災

福島県の最南部に位置するいわき市では、久ノ浜地区で中規模火災が (図 29), 平地区で小地域の火災が発生している。平地区では北町地区で小区域の住宅火災が起きている (図 17)。ここでは周辺 3 点の測定値を参考にして $s=6.8\text{m}$ を得た。地面標高が $h=2.6\text{m}$ であるので、冠水量は $f=4.2\text{m}$ であったと推定される。

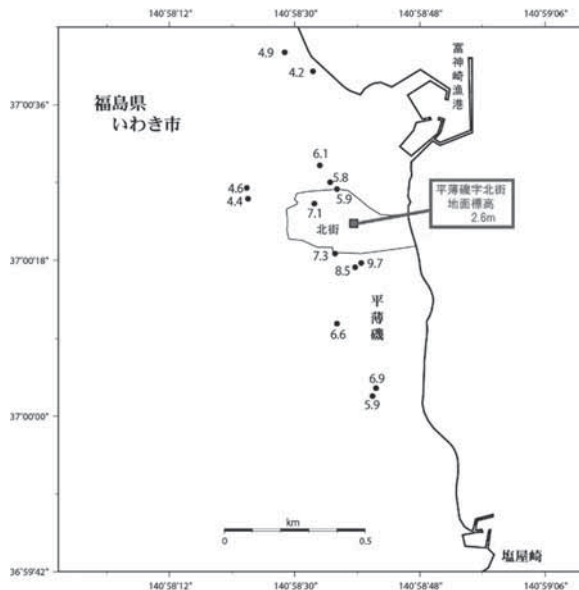


図 17 福島県いわき市平地区北町の住宅火災

6. 2011 年東日本震災の火災発生事例 分類 3 : 市街地の中規模火災

6.1 岩手県宮古市田老町の市街地火災

宮古市田老町は明治三陸津波 (1896)、および昭和三陸津波 (1933) の二度の大津波を経験して、両度とも町は全戸流失、過半の人口の死滅という壊滅的な津波被害を経験している。このため、昭和三陸津波発生の翌年 (1934) から町民の自費負担によって 40 年余りの歳月を掛けて、天端高さ標高 10m の津波防波堤を建設し、「防浪堤」と呼ばれていた。しかしながら、東日本震災の津波は、この天端高さを超えていたため、防浪堤によって周囲が囲まれた旧市街地内にも津波が侵入した。それでもこの防浪堤は今回の津波に対して無効であったわけではなく、津波のエネルギーを減少させ、旧市街地内の死者の比率を減少させる効果を発揮したのである。図 18 は各地点の津波の浸水高さ (m, TP 基準) を示しているが、防浪堤内部では津波の浸水高さはおおむね 8m 前後にとどめることができた。この防浪堤外で津波の浸水高さが 12m から 19m に達している事実を見れば、この防浪堤の有効性は明らかであろう。この町民が 40 年余りの歳月を掛けて築いた防浪堤は、今回の津波ではほとんど損傷されなかった。

この堤防が完成した後、この堤防の東側の野原地区に新たな市街地が発達したことから、この野原地区の新市街地を守るべく、新防浪堤が築かれた (図 18 の太破線)。しかし、こちらの方の新防浪堤はなすすべもなく津波で壊滅し、野原地区の市街地は敷地の痕跡すらとどめないほどの壊滅的な被害をもたらした。新防浪堤の構造は、コンクリートブロックを上下 2 段に重ねただけの構造であった。上のブロックと下のブロックとは、ただ積み重ねてあるだけであって、両者を連結する鉄筋も、「ほぞ」と「凹部」による滑りを防止する『かみ合わせ構造』も作られてはいなかった。あたかも幼児の積み木細工に等しく、津波による水平力には無抵抗に近かったと推定される。このため新防浪堤背後の野原地区の住宅は、

基礎すら痕跡を残さないほど完全に流失した。

ここにあった住宅による大量の瓦礫は、背後の乙部地区の山の麓の斜面に押しつけられてここに堆積した。図 18 の乙部地区の中規模火災はこの山の斜面に押しつけられて堆積した大量の瓦礫が燃焼したものである。この乙部地区の火災は、11 日の 15 時 30 分に始まっている。すなわち津波来襲の直後の出火である。こちらの火災は周辺林野に大きく広がり、焼失面積は 24.13ha に及んだ。ここでの津波浸水 (遡上) 高は $s=14.0\text{m} \sim 18.1\text{m}$ に達しており、いっぽう地面標高は $h=4.6\text{m} \sim 5.3\text{m}$ であるので、津波来襲時の冠水量は $f=11\text{m}$ であったことになるが、火災は津波が引いてから発生したので、この冠水数値と直接火災とを直接関連づけて理解するのは妥当ではないであろう。

田老では、旧防波堤内の市街地の荒谷地区でも生じている (図 18)。こちらの方は、瓦礫の出火ではなく、津波来襲時の住宅地の火災である。ここでは 20 棟の住宅が焼失した。またここでも自動車が燃えていることが確認されている。ここでは「建っていた」住宅が火災に遭ったのである。証言によると、出火点は複数個あり、津波に乗って火の着いた瓦礫や家が流れてきたという。ここでの延焼 (住宅) 地域は 1.2ha と計算された。この地区の平均標高は $h=8.3\text{m}$ 、浸水高は $s=10.8\text{m}$ であったので、(図 13 参照)、冠水は $f=2.5\text{m}$ であった。荒谷地区の火災は、地震から 2、3 日後に車の爆発音とともに延焼は拡大し、周囲の山林火災へと進展して、最終的に鎮火が確認されたのは 16 日の午前 7 時のことであった。荒谷地区での林野を含めた最終的な焼失面積は 13.34ha に及んだ。

6.2 宮城県南三陸町の中規模火災

宮城県南三陸町では 3 カ所で火災が発生した。南三陸町の中心である志津川の市街地は浸水高さ 13 ~ 17m の高い津波に襲われたため、市街地はほぼ全面的に流失するという惨状が出現した。このようなことは岩手県陸前高田市などでも起きたが、このような場所で

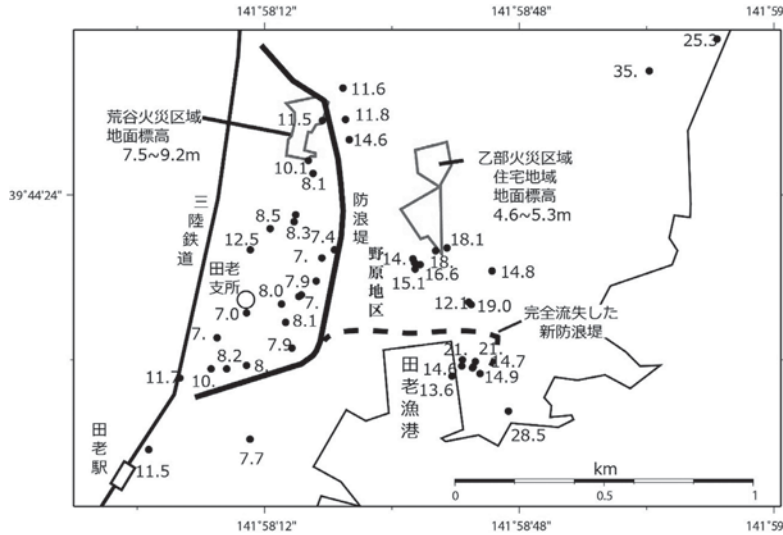


図 18 岩手県宮古市田老町の荒谷地区、および乙部地区の火災範囲 乙部地区の火災は瓦礫堆積の火災であったが荒谷地区の火災は、津波時の浸水にとどまって建っていた住宅の火災であって、乙部地区とは火災の様式が全く異なることに注意する。図中の太実線は「防浪堤」

は、住宅を構成する床や天井材、あるいは家具などの可燃物が根こそぎ持ち去られたために、燃えるものがほとんど跡には残されず、住宅地での火災は発生しなかった。

火災が発生したのはこの志津川の中心市街地ではなく、その背後にあたる天王山地区であって、この場所の鉄道盛り土の南斜面に押しつけられる形で堆積した瓦礫が燃焼したのである。南三陸町では志津川地区のほかにも南部の折立地区小涼、および藤浜で自動車火災が発生した。

天王山地区は志津川の市街地の背後にある。津波を受けて市街地から流されてきた大量の瓦礫の一部は、JR 気仙沼線の線路盛土の南斜面でせき止められて、その斜面上に堆積した。天王山地区の火災はこの堆積した瓦礫が出火したものである。津波浸水高さはこの付近で 18.4m とこの付近での最大値を示しており、線路盛土による堰揚げ効果が遭ったことを反映している。火災の発生は 3 月 11 日の 15 時 30 分と推定されており、津波来襲直後に火災が発生したものである。瓦礫面積は 44,000m² と記録され、これは一辺約 210m の正方形の面積に相当する。これはほぼここで

の火災面積に等しい。図 19 に見られるように、この付近での津波浸水高さは 18.4 m であったので、火災区域の最高所よりさらに 2.8m 上方まで冠水していたことになる。ここでは居住用の住宅の火災は生じていない。

南三陸町では 3 か所で火災を生じたが、中心市街地である志津川以外では、戸倉地区折立の小涼で住宅火災が、藤浜で自動車火災が各 1 件起きている (図 20)。小涼の住宅火災は、津波浸水高さが非常に大きかった場所で起きた住宅火災ということで異例である。小涼の住家のあった場所の地面標高は $h=2.5\text{m}$ である。この南側の背後にある丘陵の上に折立小学校が建っていて、津波はこの小学校の 1 階の天井付近まで上がったことが確認されており、その浸水高さは $s=20.5\text{m}$ と測定されている (図 20)。すると小涼では冠水量は実に $f=17.5\text{m}$ もあったことになり、木造家屋なら完全に流失してとうてい火災とはなり得ない。ここでどのような状態で火災を生じたのかは興味を持たれるところであるが、詳細はわからない。また、折立の東方、約 6km のところにある藤浜で自動車火災を生じている。津波の浸水高さは $s=14.1\text{m}$ と判明し

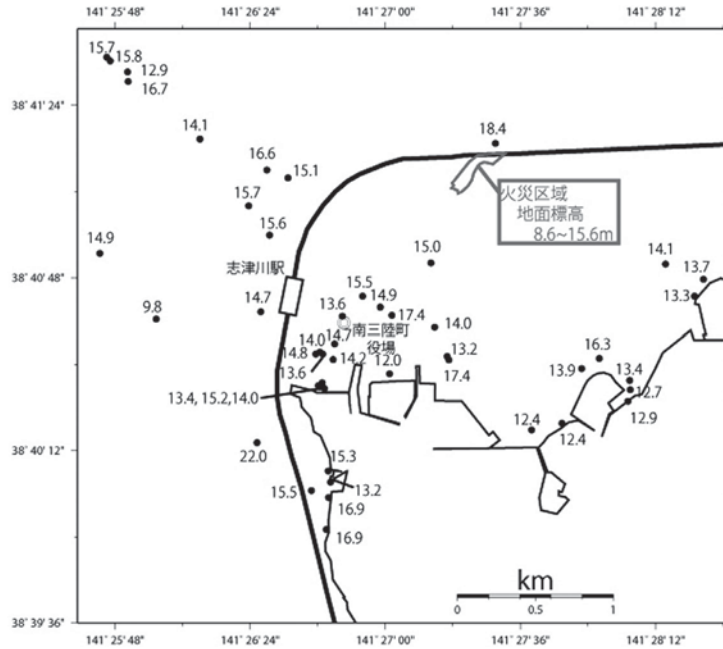


図 19 宮城県南三陸町志津川の中規模火災の範囲

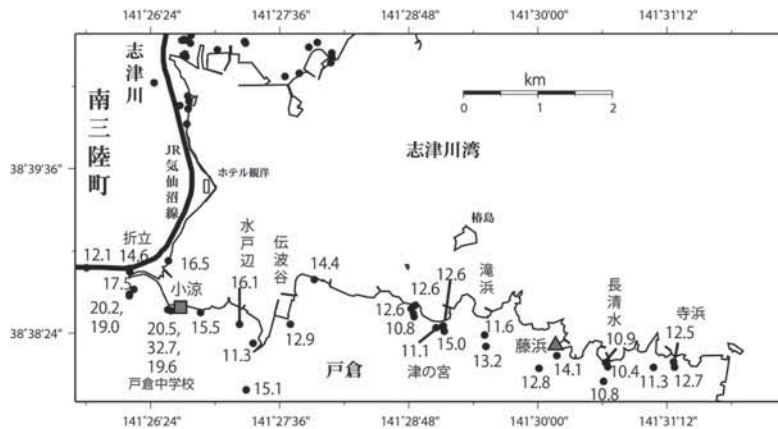


図 20 宮城県南三陸町折立地区の中規模火災

ているが、火災発生時に自動車の居た場所が判明しない。したがって標高 h と冠水量 f はここに対しては考察しないことにする。

6.4 宮城県名取市関上(ゆりあげ)の中規模火災

名取市の平野部では、11カ所で住宅火災が発生した。このうち中規模火災といえるのは関上7丁目の1カ所だけである。名取市で

発生した多数の住宅火災は、どこも津波浸水高は5m以下であって、決して津波による大きな被害を生じたわけではない。この場所では、津波が来襲した3月11日15時半ころから日没までに共同通信社によって航空写真が撮影された。その映像によると、この地区では、家屋の流失、倒壊はほとんど生じておらず、家屋は浸水にとどまっていた。ただ、陸地に侵入する津波の表面には家具などの木材

片などが漂っている中に、「独立した炎」が転々と漂流している様子が映し出されている写真が何枚かあった。これは、LP ガス（プロパンガス）のボンベの口金が緩んでボンベの中から噴出した可燃ガスが燃えているものと推察された。消防庁の『火災報告書』には、津波が引いたときに撮影された可燃ガスが噴出している LP ガスボンベが閉上で撮影されている（写真 1）。噴出した可燃ガスに引火した多数の LP ガスボンベが水面上に点々と流動する炎となって、内陸部へ運ばれ、内陸

部に流失も倒壊もしていなかった街区の家屋に火災をもたらしたものと推察される。

閑上七丁目の 1 の点に関しては、手塚耕一郎氏が 16 時 08 分に上空から撮影した写真は毎日新聞社の『写真記録・東日本大震災, 3.11 から 100 日』（2011）に掲載されている。周辺 4 点の浸水測定値を参照してこの点での浸水高は 5.5m であったと推定される。この点のほか図 21 の 11 点の火災点の各々に対して決定した浸水高 s (m) 標高 h (m), および冠水量 f を表 1 に示しておく。大部分の点に



名取市閑上の映像から。
津波で浮遊 LPG ボンベから
噴出する LP ガス。

写真 1 津波が引いたときに閑上地区で撮影された LPG ガスボンベから可燃ガスが噴出している写真（消防庁、『火災報告書』, 2011 による）

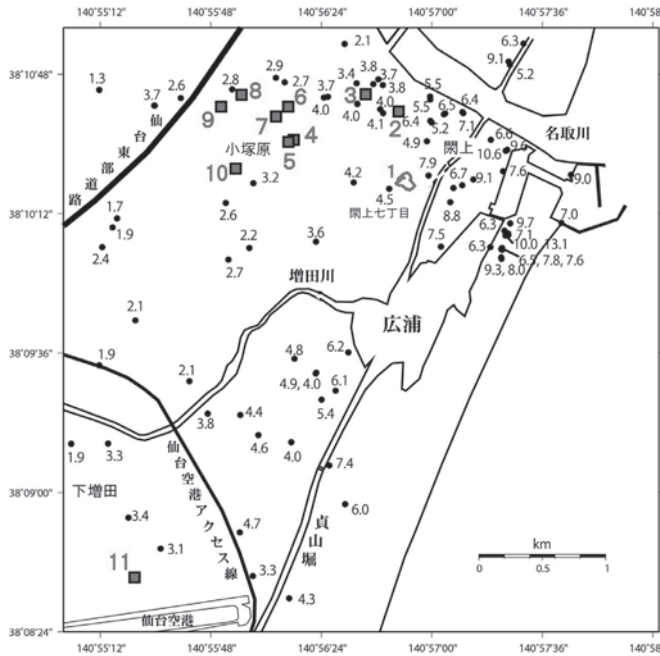


図 21 宮城県名取市閑上（ゆりあげ）地区の 11 カ所の火災

表 1 宮城県名取市の火災地点 1～11 (図 15 参照) の位置における津波浸水高 s , 地面標高 h , および冠水量 f の値 (m)

地点	浸水高 s	地面標高 h	冠水 f
1	5.5	1.2	4.3
2	4.7	1.1	3.6
3	3.7	1.1	2.6
4	3.8	0.9	2.9
5	3.7	1.1	2.6
6	3.2	1	2.2
7	3.1	1.2	1.9
8	2.8	1.6	1.2
9	2.8	1.1	1.7
10	2.9	0.9	2
11	3.2	0.8	2.4

対して、冠水量 f の値は 2m 前後であることに注意したい。この冠水厚さでは、津波による家屋被害は「床上浸水」とどまり、家屋が流失、倒壊、あるいは大破などはしなかったはずである。したがって、火災さえなければ、これらの地域の家屋は津波が過ぎた後は、構造的にはほとんど無被害の家屋として保ったはずなのである。津波によって既に瓦礫の堆積となった状態で火災が発生したとしても、火災によって家屋被害が増加しているわけではない。しかし名取市のようなケースでは、火災による被害増加量が最も大きかった事例であった、ということができらるであろう。

6.4 宮城県亙理町吉田大字須賀畑字吉田浜の住宅火災

宮城県岩沼市から海岸線に沿って南下する JR 常磐線は亙理町を通過する。この町の町域に浜吉田駅がある。この浜吉田駅の東方、海岸線に向かって約 1.5km 進んだところに、大字須賀畑字吉田浜の集落があり、この街区で中規模火災を生じた (図 22)。付近には津波浸水高さの測定点がほとんどないが、鉄道沿いと海岸近くの 4 点を参照して、敢て津波浸水高さを推定すると、 $s=6.4\text{m}$ と求まる。地面標高は $h=1.5\text{m}$ であるので、冠水量は $f=4.9\text{m}$ であったと推定される。

7. 2011 年東日本震災の火災発生事例分類Ⅳ：大規模火災、および石油タンクの転倒

この章では、火災による焼失面積が 1ha 以上に及んだ場所について述べる。さらに、そのうちの 2ヶ所では石油タンクの転倒・倒壊が起きていることから、これが起きた場所についてもこの章で取り上げることにする。

7.1 岩手県下閉伊郡山田町の中心市街地の火災

岩手県山田町の中心街では、JR 山田線を挟んでその北側の八幡町と南側の長崎一丁目の両地区を中心として合計 17.4ha におよぶ市街地が焼失するという大火災となった。陸上自衛隊が 16 時 15 分頃上空から撮影した映像では、八幡町の火災は津波来襲直後に津波による流失物、あるいは、津波を受けた住宅から出火したと推定されている (『火災報告書』)。証言によると、台所が燃えた家が流されて火災が広がったと証言されている。津波が引いた後の延焼で、津波に浸水しなかった市街地にまで火災が拡まった。この火災範囲は町役場の庁舎に接しており、約 500 棟が焼失した。

長崎一丁目の火災については津波で倒壊した一軒の家屋の屋根から出火しはじめ、道路を埋めた流木が導火線となって延焼を広げた

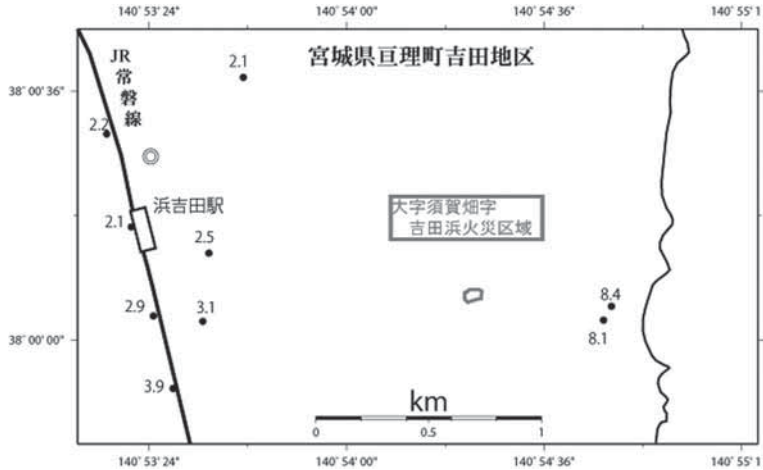


図 22 宮城県亶理町吉田地区の中規模火災区域

という。夜になると火は勢いを増し、ときおり爆発音が聞こえた。その爆発音は 10 回以上聞こえたという。この爆発音は乗用車のガソリンタンクの破裂音であるという報道がある。岩手日報の報道部・八重樫孝和記者は、盛岡から車を運転して峠を越えて深夜に山田八幡町に入り「第 1 波の津波が防波堤を乗り越え、ほとんどの家をなぎ倒した。至る所で上がる火の手。プロパンガスの爆発、引火した電線から上がる激しい火花。道路の寸断と断水のために消防団員は消火活動ができず・・・」と記している。この記事によると、着火は引火した電線からの火花（スパーク）によるものである、ときざれている。しかし、三陸の被災地では地震発生時に東北電力の電気は停止したはずで、この記録は不審である。火災進行中に起きたプロパンガスボンベ爆発と可燃ガスの噴出が火災を拡大させたようである。

図 23 から火災区域での津波浸水高さは $s=5.0 \sim 6.1\text{m}$ 程度であったと推定される。一方地面標高は $h=1.9 \sim 3.2\text{m}$ の範囲であって、冠水量は $f=3.0\text{m}$ 前後の値となろう。この山田町中心市街地の火災は、瓦礫の堆積の燃焼ではなく、津波直後には大部分の家屋は建っていた状態での火災であった。

山田町では漁港にあった石油タンクの流失

倒壊が起きている（図 23 の六角印、写真 2）。タンクの位置での津波浸水高さを周辺 4 点の測定値から推定すると $s=10.5\text{m}$ となる。この点の地面標高は $h=0.9\text{m}$ であるので、ここでの冠水量は $f=9.6\text{m}$ となる。

7.2 岩手県大槌町の市街地大規模火災

岩手県大槌町では、図 24 に示す 4 つの区域で火災が発生した。図に示したように、これら 4 個の火災区域を、おのおの火災区域 A～D と呼ぶことにする。最も面積の大きな火災区域 A は、市街地の中心部の高台とよばれる山際の市街地部分で延焼面積 15.9ha にも及ぶ大規模な市街地、および林野火災であった。地元の証言によると、本震の約 30 分後に津波第 1 波が来襲した。この時刻は 15 時 20 分頃となろう。火災の発生に気付かれたのは 15 時 35 分と記されているので、明白に津波が原因する火災であるが、直接の起火原因は解明されていない。市街地火災の継続中は、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。浸水高 $s=7.5 \sim 8.8\text{m}$ に対して地面標高は $h=1.7 \sim 2.7\text{m}$ であって、冠水は平均 $f=5.9\text{m}$ となる。この火災区域に北縁は丘の斜面であって、やはり住宅の流失で発生した瓦礫が背後の丘陵の斜面に押しつけられて堆積した瓦礫が燃焼したという

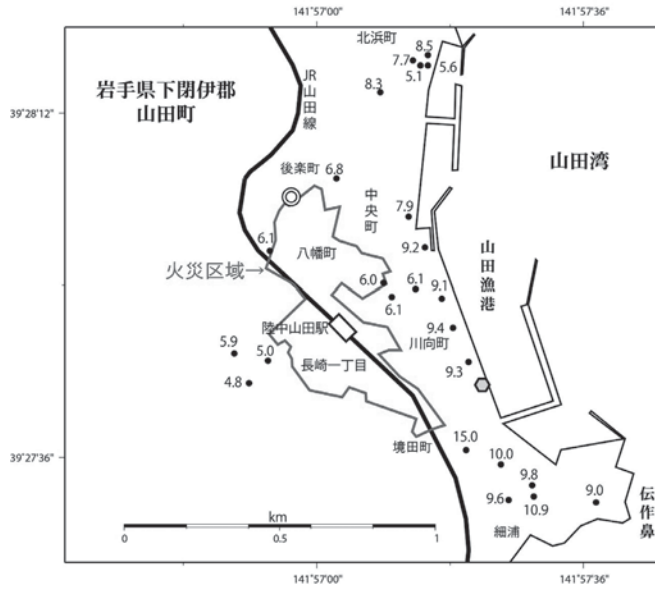


図 23 岩手県山田町の中心街の大規模火災域 山田漁港億部の六角印は倒壊した石油タンク



写真 2 岩手県山田町川向町での石油タンクの倒壊 (消防庁消防研究センター, 2011)

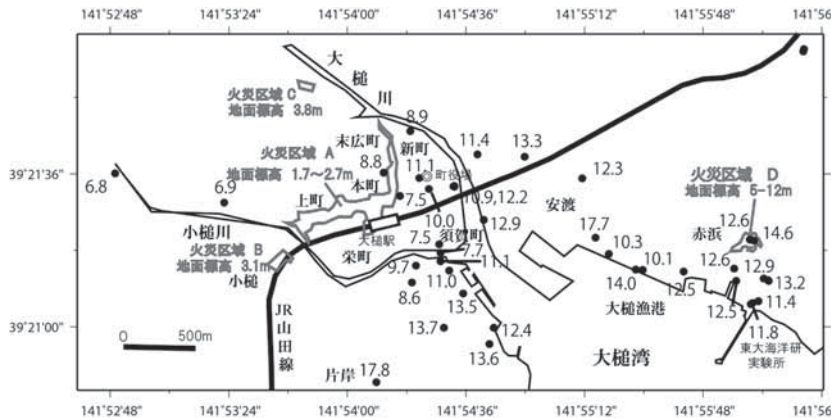


図 24 岩手県大槌町の大規模火災を含む 4 カ所の市街地火災

要素を含んでいる。

火災区域 B の火災は、大規模店舗ビルのホームック大槌のビル火災であった。津波浸水標高は近接4点を参考として $s=7.9\text{m}$ とする。地面標高は $h=3.1\text{m}$ であるので冠水量は 4.8m となる。居住用木造家屋の火災ではないことに注意したい。

火災区域 C は大槌中学校付近の小火災であった。津波浸水高は最近傍の1点を採用して $s=8.8\text{m}$ とする。地面標高は $h=3.8\text{m}$ であるので、冠水は $f=5.0\text{m}$ である。

火災区域 D の火災は、大槌の中心市街から約 2.5km 東方の赤浜で発生したものである。『火災報告書』によると、「津波で船が燃えながら流れてきて電柱のところで留まり、そこから周囲の瓦礫に燃え移った」という証言がある。ここでは瓦礫から周囲の津波被害を余り受けなかった家屋に延焼が進み、最終的に津波による浸水限界付近の標高 12m の所にあった無傷の住宅まで延焼した、という。津波浸水高は周辺4点を参考として $s=13.2\text{m}$ であるが、傾斜した市街地であって、地面標高は標高 $5\sim 12\text{m}$ の範囲である。したがって、冠水は、 $f=1.2\text{m}\sim 8.2\text{m}$ の範囲にある。

7.3 気仙沼市鹿折（ししおり）地区の大規模火災

気仙沼港では、遠洋漁業用の重油タンクが湾奥の朝日地区に排列していたが、その全数の22基が津波に倒壊、破壊して中の重油等が流出し、海面を覆ってこれに引火した。海面で引火した重油の層は後続の津波の来襲ごとに湾周辺に寄りつき、その行き先におおの火災をもたらした。このため気仙沼湾周辺では合計12か所の市街地火災を生じた。気仙沼市全体で焼失棟数は127棟、焼失市街地面積の合計は 24.96ha であった。林野焼失の 2.2ha にわたって生じており、これは主として大島で生じたものである。

もっとも大規模な市街地火災は気仙沼湾最奥部に位置する鹿折地区の火災である（図25）。この地区の火災区域は図19に示した。この図によると、火災区域内では津波浸水高は $s=5.2\text{m}\sim 6.3\text{m}$ であった。地面標高は $h=0.3\sim 1.1\text{m}$ であるから冠水高は $f=5.1\text{m}$ 程度であったことになる。

気仙沼市の鹿折以外の11か所の火災発生地域を図26に示しておく。順にA～Kの符号をつけると、A～Dは気仙沼の魚市場の

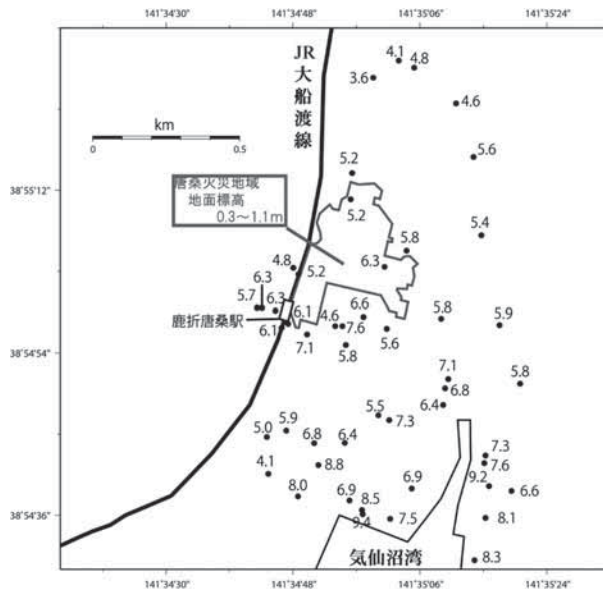


図25 岩手県大槌町の大規模火災を含む4か所の市街地火災

背後の地域, E ~ K は気仙沼湾の東の沿岸集落で, 大部分は湾内の海面に流出し, 引火した重油類が, 後続の津波の侵入のたびごとに漂流し, 湾周辺地域に火災を拡げていったものと理解することができる。これら 11 か所の火災地区の津波浸水高 s , 地面標高 h , 冠水量 f を表 2 にまとめた。G, H を除く火災市街地の冠水量 f がいずれも 5 m 前後となっていることに注意したい。

なお, 朝日町の地先の 22 基の重油等のタンクが倒壊して中の重油などが漏れ出したが, その場所の津波浸水高が $s=9.4\text{m}$ であった(図 26) ことに注意したい。この場所の地面標高は, $h=0.8\text{m}$ で冠水量は $f=8.6\text{m}$ であった。

大島の火災については, 火災範囲の情報が不明確なため本稿では取り上げないことにする。

表 2 気仙沼市の 11 箇所の火災区域に対する浸水高 s , 地面標高 h , 及び冠水量 f

符号	町名	津波浸水高 s	地面標高 h	冠水量 f
A	内ノ脇	5.6	1.2	4.4
B	弁天町	5.5	0.8	4.7
C	仲町	5.4	0.2	5.2
D	潮見町	5.9	0.1	5.8
E	浪板	5.6	0.7	4.9
F	大浦	5.6	0.1	5.5
G	小々汐西	12.8	0.6	12.2
H	小々汐	13.4	0.7	12.7
I	小々汐南	9.7	0.5	9.2
J	海岸道路	8.9	0.7	8.2
K	二ノ浜	6.2	0.2	6

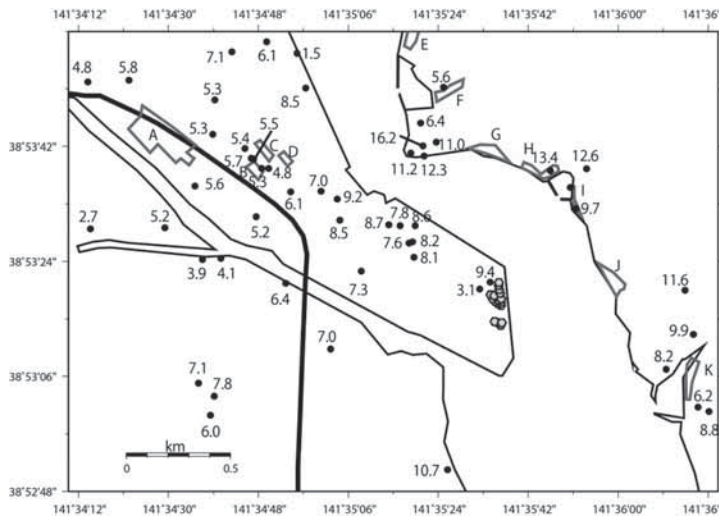


図 26 気仙沼市の火災区域 (A ~ K)

A: 内ノ脇 B: 弁天町 C: 仲町 D: 潮見町 E: 浪板 F: 大浦
G: 小々汐西 H: 小々汐 I: 小々汐南 J: 海岸道路 K: 二ノ浜

表 3 石巻市市街地の各火災区域に対する浸水高，標高，および冠水量

符号	町名	津波浸水高 s	地面標高 h	冠水量 f
A	渡波	3.1	1.3	1.8
B	伊原津	5.1	1.8	3.3
C	魚町	6.5	1.1	5.4
D	吉野町	3.1	0.3	2.8
E	中央	5.2	1.2	4
F	三河町	4.8	2.1	2.7
G	大街道東	3.6	1	2.6
H	蛇田	1.5	0.4	1.1
X1	門脇小学校	8.6	3.3	5.3
Y2	門脇 2	6.7	1.5	5.2
Y3	門脇 3	6.4	0.9	5.5
Y4	門脇 4	6.4	1.3	5.1
Y5	門脇 5	6.6	1.4	5.2
Y6	門脇 6	6.4	0.8	5.6

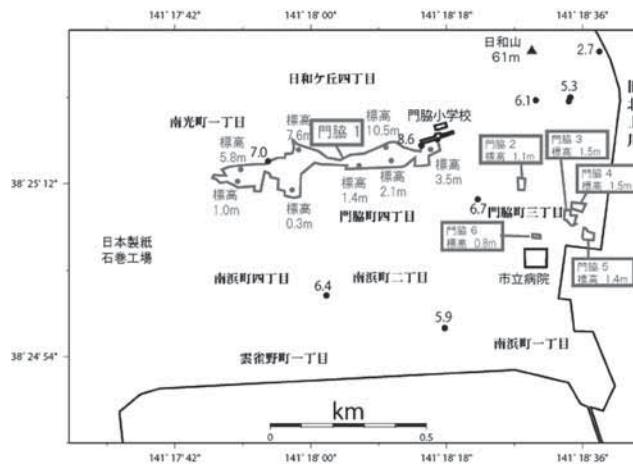


図 27 宮城県石巻市門脇地区の火災地区 X，および Y

7.4 石巻市門脇小学校周辺の大規模火災

石巻市では図 28 の A～H の 8 か所の小規模な市街地火災と，X（門脇小学校付近），および Y（門脇病院周辺）の市街地火災が起きている。このうち Y の門脇病院付近の市街地火災は 5 個の別個の建物の火災からなっている。各火災地域の諸元を表 3 にまとめておく。

7.5 福島県いわき市久ノ浜の中規模火災

JR 常磐線いわき市久ノ浜駅の東側の市街地で焼失面積 1ha を超える大規模火災が起きている（図 29）。周囲 8 点の津波浸水高か

らこの火災範囲では平均 $s=4.7\text{m}$ の浸水高であったと推定される。地面標高は $h=3.5\text{m}$ （水準点あり）であったので，ここでは冠水量がわずかに $f=1.2\text{m}$ で大規模火災が生じたことになる。

8 石油タンクの倒壊事例

石油タンクの倒壊については前章でも例を挙げたが，この章では，火災はなかったがタンクの倒壊流失が生じた地点について述べよう。

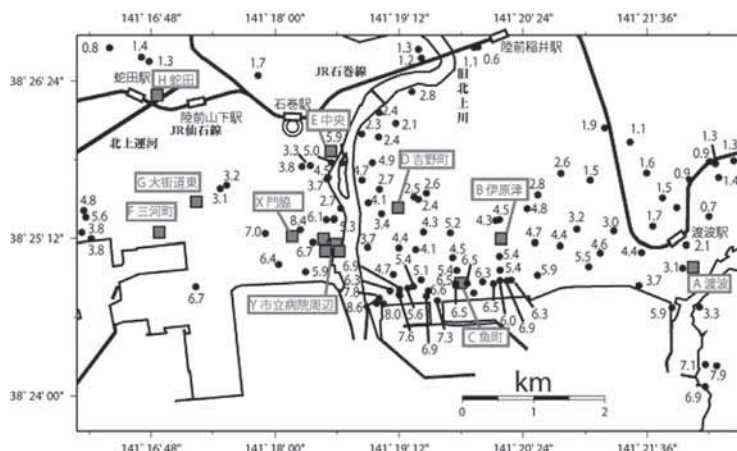


図 28 石巻市の市街地火災地区 A ~ H, および X (門脇小学校付近), および Y (門脇病院付近)



図 29 福島県いわき市久ノ浜地区の市街地火災範囲

8.1 岩手県久慈市夏井の久慈国家石油備蓄基地の石油タンクの倒壊

岩手県久慈市夏井にある日本地下石油株式会社・久慈事業所は、大部分の石油貯蔵タンク施設は地下に設置されていたため無事であったが、地上設備の大部分は壊滅的な被害を生じた。この中に「準特定タンク」と呼ばれるタンクが3基あったが、3基とも基盤のコンクリート台を離れ、うち2基は完全に横転した。さいわい火災にはつながらなかった。

周辺の8点の測定値を参照してタンク位置での津波の浸水高さは $s=12.7\text{m}$ となった。ここでの地面標高は $h=5.6\text{m}$ であったので、冠水量は $f=7.1\text{m}$ であったことになる。

久慈市では長内(おさない)町の工業地帯で建物の火災も発生している(図30)。ここでの津波浸水高は $s=6.6\text{m}$ 、地面標高は $h=4.0\text{m}$ であって、冠水量は $f=2.6\text{m}$ であったことになる。

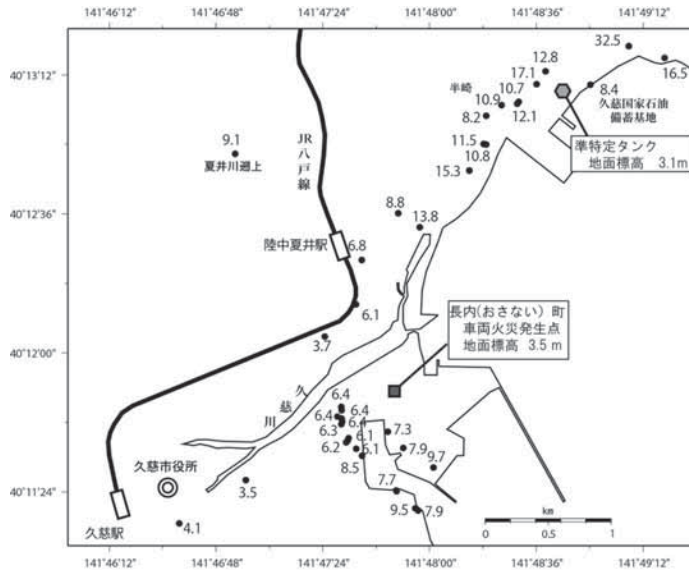


図 30 久慈市の車両火災発生地点（長内町）と石油タンク倒壊点



写真 3 久慈国家石油備蓄基地（久慈市夏井町半崎）で倒壊した準特定タンク 吉田ら（2012）による

8.2 宮城県女川町の石油タンクの倒壊

宮城県女川町では 5 基の石油タンクが倒壊流出した（図 31）。周辺の 8 個の測定値を参照して津波浸水高さは $s=14.5\text{m}$ と推定される。地面標高は平均 $h=2.2\text{m}$ であるので、ここでの冠水は $f=12.3\text{m}$ であったことになる。

なお、女川では、鷲神浜で 3 件の小火災が起きている。ここでの津波浸水高は $s=15.5\text{m}$ と推定される。地面標高は $h=0.6\text{m}$ であったので、冠水量は実に $f=14.9\text{m}$ に達する。

9. 大きな津波浸水高を示しているながら住宅火災を生じなかった沿岸市街地

以上の多数の市街地火災の例を見てきて気がつくことは、「住宅火災が発生するには、津波の浸水高、あるいは冠水量に上下限があるらしい」ということであろう。あまりに小さな浸水高、あるいは冠水量では火災は生じない、ということは当然のことと肯定できるが、津波浸水高さ、あるいは冠水高さがあまりに大きすぎても市街地の津波火災は生じないようである。この後者の例を多数挙げることは

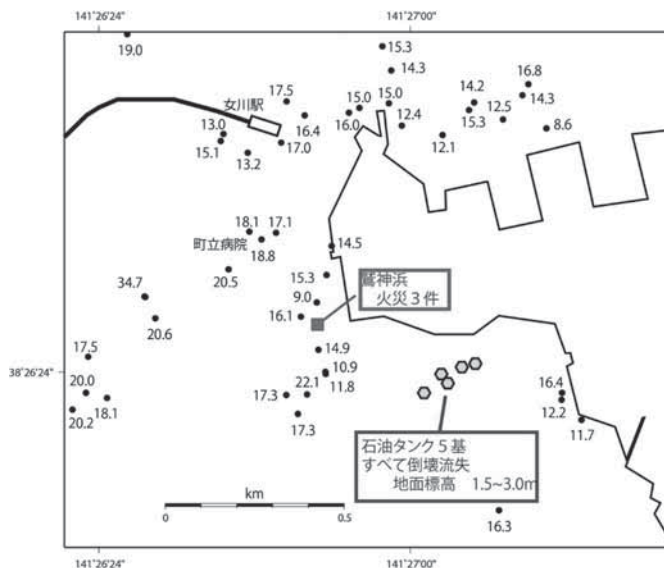


図 31 宮城県女川町での倒壊した 5 基の石油タンクの位置

本稿では行なわないが、このような代表例として、陸前高田と南三陸町志津川の 2 例だけを取り上げておこう。図 32 は陸前高田市での津波浸水高の測定値の分布である。この図によると、陸前高田の市街地は浸水高 $s=15\text{m}$ 前後の高い津波の直撃に遭ったことがわかる。いっぽう市街地の標高は $h=1\sim 2\text{m}$ の程度であるから、市街地での冠水量は $f=13\text{m}$ から 14m にも達したのである。このように大きすぎる冠水は、木造家屋は、家具、床材壁材屋根材、LPG（プロパン）ガスタンクを含めて、一切その場から運び去られてしまう。あとには、燃えるものは何も残らない。このような場所では当然のことながら火災は発生しない。

市街地の家屋のすべてが流失した三陸町志津川の様子は、図 19 に示されている。ここでも津波浸水高さは $s=13.6\text{m}$ から 17m に及んでいたのに対して、市街地の地面標高は $h=0.2\text{m}$ から 1.6m の範囲であって、ここでも冠水量は 14m 程度であって、やはり火災は市街地内では生じていないのである。

10. 津波浸水高 s 、冠水量 f と火災の発生条件

前章までに取り上げた火災、およびタンク流失事例は合計 99 件にのぼる。このうち、市街地の居住家屋の火災事例が 67 件、工場事業所などの建物火災が 14 件、大規模店舗ビルの火災が 1 件、堆積瓦礫の火災が 3 件、自動車単独の火災が 10 件、タンクの流失倒壊が 4 件である。

10. 1 家屋の火災

居住家屋の焼失区域の総件数は 67 件であるが、このデータをその区域での津波浸水高 (m) の 1m 刻みごとの件数を頻度グラフにすると図 33 が得られる。このグラフには、 $3\sim 4\text{m}$ のところに明瞭な第 1 のピーク P1 が現れている。次に $5\sim 6\text{m}$ のところに第 2 のピーク P2 がある。この 2 つのピークに挟まれた浸水高 $4\sim 5\text{m}$ のところは頻度グラフの「谷間」になっている。浸水高さ $13\sim 14\text{m}$ あたりに緩やかな第 3 のピーク P3 があるように見えるが不明瞭である。

家屋の津波による被害の程度はその場所の津波の浸水高よりむしろ、地上冠水量によっ

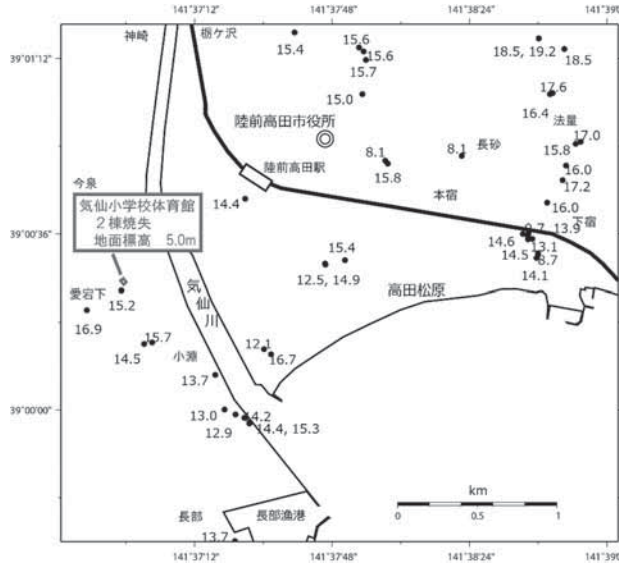


図 32 陸前高田の市街地の津波浸水高分布

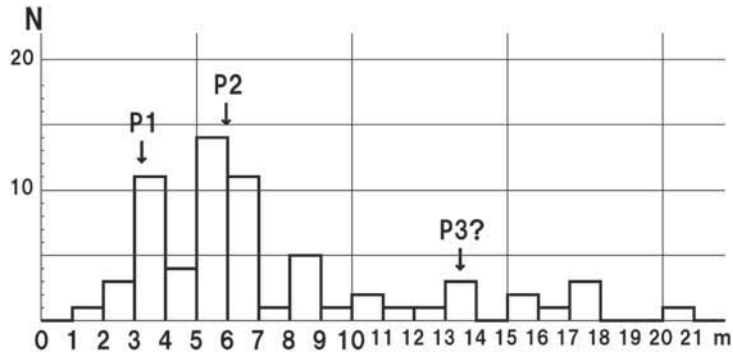


図 33 居住用家屋の焼失区域の津波浸水高 (m) ごとの頻度数分布

てくる度合いの方が大きいと考えられる。そこで、市街地の家屋火災件数を冠水量 f (m) で分類すると図 34 が得られる。総件数は 67 件である。火災件数の頻度のピークは、この図のほうがより明瞭に現れていることが認められる。

すなわち、図 34 によると、火災が多く発生したピークはより明瞭に 3 か所に現れている。すなわち、1.0m ~ 2.9m の 25 件 (37%) が 1 つのピークを形成している。このピークは、津波によって浸水はしたが、大規模な破損、あるいは倒壊しなかった家屋の火災が多くあったことを示している。このピークに属する浸水にとどまった家屋では、浸水線以上

の部分は、ぬれることなく乾燥状態を保っており、損傷もほぼなかったと考えられる。すなわち、このピークに属する家屋は、瓦礫と化したわけではなく、津波の最大波の来襲直後には元通りに「建っていた家屋」であったと推定される。このグループの家屋の大部分は、津波が過ぎ去ってしまえば、清掃作業さえ施せばほぼ支障なく居住が続けられたはずであった。その家屋が、津波によって流されてきた「火のついた瓦礫片」や「火のついた LP ガスボンベ」が漂流してきたために火災を生じたものと考えられる。このピークに属する火災家屋は、火災さえなければ、わずかな被害にとどめることができたはずの、もっと

も火災による損傷苦痛の大きいグループであろう。このピークの火災の典型例は、宮城県名取市閑上で航空写真として撮影されている。そこには、津波によって浸水しているながら倒壊せず損傷もほとんどないとみられる家屋が映っている。水面を漂う個別の点状の「炎」が漂っている映像である。この「炎」は、プロパンガスのボンベが口金が緩んでボンベ内の可燃ガスが噴出して着火したものと推定される。この漂う「炎」が、浸水にとどまっていた住宅に火災を広める役目を果たしたものと推定される。

図 34 を見れば、冠水量 4.0m ~ 5.9m のところに第 2 のピークがある。この冠水量になると、通常の木造家屋は全壊する。そしてその場で全壊した家屋が焼失したものであろう。家屋そのものはすでに津波によって大きな損傷を受けているが、火災によって、家具や貴重品が失われたケースで、やはり火災による被害比率の大きいグループであろう。この場合の火災は第 1 ピークのような最大津波の来襲中ではなく、最大津波が去った後の火災であることが多い。出火原因は、漂流して来た着火プロパンガスによる延焼のほか、自動車などのバッテリー装置からの出火などが考えられる。

図 34 には 8 ~ 13m あたりに第 3 の緩やかなピークが現れている。このピークは、宮古市田老の乙部地区の火災や、南三陸町志津川の火災、あるいは、大槌町、あるいは石巻市

門脇小学校付近の例が含まれる。件数としては少なくとも、広域火災を 1 件と数えたため、見かけ上の件数は少なく見えるが、焼失面積や、焼失家屋数が大きいものである。このピークは、市街地全体が浸水高の大きい津波に襲われたため、ほぼ全数の家屋が元の場所から流失し、背後の丘陵の斜面上に大量の瓦礫の堆積し、これに火がついたものである。すなわち、家屋は完全に瓦礫化して、火災がなければ流失全壊と数えられるケースである。このケースでは、すでに津波によって大きな被害を受けており、火災はもはや被害を加える要素とはなっていないケースであると考えられる。ただし背後の森林火災を引き起こした例がある。

ここで、津波浸水高で火災件数を分類した図 33 のピーク P1、と同 P2 が、冠水量で分類した図 34 の P1 と P2 と内容が等しいわけではないことに注意したい。明らかに図 34 の P1 の方が図 33 の P1 より件数が多いのである。逆に P2 を見ると、図 34 のそのほうが図 33 のそれより小さくなっているのである。これはつまり、図 33 の P2 に含まれるデータのいくつかは、図 34 では P1 のピークに移動・合流していることを示している。これはすなわち、標高が 5、6m と高い市街地に津波浸水高 7-9m の津波が襲ったケースがいくつかあったことを示している。このケースであれば、図 33 では P2 に属し、図 34 では P1 に属するであろう。このことは、津波に依る市街地火

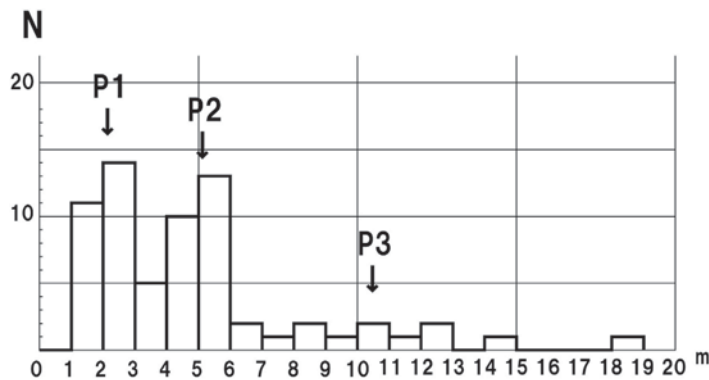


図 34 居冠水量 f (1m 刻み) と市街地火災件数 (N) の関係

災を論ずる際には、冠水量を横軸に取った図34のグラフの方が、火災発生メカニズム評価にとって合理的であることを示している。

10. 2 自動車火災

今度は津波による自動車の単独発火による火災について見ておこう。図35は、自動車火災の件数を冠水量 f を横軸にとって表示したものである。自動車の発火事例で位置が明白に判明したものは10例しかない。図によると、自動車火災は、全事例のうちの80%が津波冠水量が3m以下のときに発生している。冠水量0～1mの範囲として数えられた1例は実は冠水量0.9mで発生した事例であるので、自動車火災は大部分が冠水量0.9m以上、3.0m以下の時発生している、ということができる。これは、バッテリーの搭載位置に海水が浸入してきたときに発生した、と理解できる。洪水の時にも自動車のバッテリーの高さまで水が浸水する事例は数多く発生しているはずであるが、これによって火災が発生した、という事態は報告されていない。ということは、浸入してきたのが海水（塩水）という電気伝導性の良導体であったため、電気ショートが起きてスパーク（火花）を生じたことが火災発生の本質であるといえそうである。

冠水量が7.0mを超えた場合には、自動車

火災は1例も発生していない。バッテリー搭載位置にあまりに急速に大量の海水が浸入すると、瞬間的にスパークによる発火が起きても、すぐ消し止められるからであろう。

自動車火災は主として冠水量が0.9mから3.0mで大部分が発生している、ということは、東日本震災のような超巨大地震の津波ではなくても中小規模の津波でも自動車火災は多数発生しうることが想定できるであろう。次回の東海地震・南海地震がM8.8以上の超巨大地震となる確率は5分の一程度とされる。しかし、次回の東海地震、南海地震が「超巨大地震」ではなく、安政東海地震（1854-a, M8.4）・安政南海地震（1854-b, M8.4）、昭和19年東南海地震（1944, M7.9）、昭和21年南海地震（1946, M8.0）の「南海地震としては並の規模」であっても、津波による自動車火災は多数発生しうることが予想されるのである。

10. 3 津波による石油タンクの倒壊

こんどは、石油タンクの倒壊、破壊事例を見ておこう。これは4例発生した。

表4によると、石油タンクの倒壊は津波浸水高が9mを超えると発生すると見られる。また冠水量が8mを超えると石油タンクの倒壊が起きているように見える。この4件

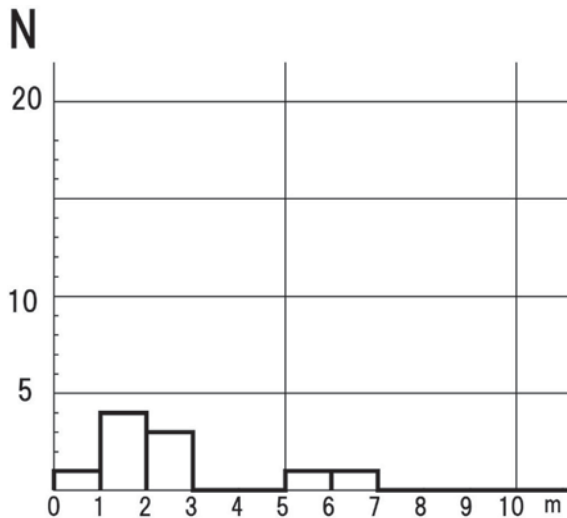


図35 津波による自動車の発火事例の冠水量別の震度分布

表 4 石油タンクの倒壊と津波浸水高, 冠水量の関係

場所	浸水高 s (m)	冠水量 f (m)
岩手県久慈市夏井	12.7	7.1
岩手県山田町川向	10.5	9.6
宮城県気仙沼市朝日町	9.4	8.6
宮城県女川町鷺崎浜	14.5	12.3

の事例のうち、漏れ出した石油類に引火して大火災を誘発したのは宮城県気仙沼市の 1 例のみであった。他の 3 か所でのタンクの倒壊・破壊による石油類の漏洩が火災に結びつかなかったのは、単に運がよかったためであろうと考えられる。ことに岩手県山田町の場合、石油タンクの倒壊現場のそばで大規模な火災が発生しており、漏洩した石油類に引火しなかったのは非常な偶然の幸運に恵まれたおかげである、と言えるであろう。

表 4 は来たるべき東海地震, 南海地震のさい、東海地方, 紀伊半島, 四国地方に多数存在するどの石油タンクが危険であるかを判定する手がかりとなる。

11. LP (プロパン) ガスと石油ストーブの家庭内普及の歴史

11. 1 LP ガスと石油ストーブの普及

津波による火災の発生は、明治から昭和 39 年 (1964) の新潟地震より以前に発生した津波ではあまり多くは発生していなかった。ことに明治 29 年 (1896) の三陸津波は、2011 年の津波に匹敵する規模で、しかも、被災海岸のほぼ重なり合っていたにもかかわらず火災の発生例はゼロであった。しかるに、2011 年東日本震災の津波では合計 159 件もの津波が原因するとみられる火災が発生した。このうち、本稿で取り上げた 99 件の事例はいずれも津波最高波の来襲中、あるいは来襲直後に火災が発生したものであった。このことから自然に導ける事実は、津波火災の原因となった要因は明治時代、昭和初期、あるいは昭和 30 年代にもまだあまり存在せず、2011 年には普遍的に普及したもののなかにある、と

いうことになる。

本稿で、津波来襲中、あるいは来襲直後に発生した火災事例を一つ一つ検討してみた結果、自動車のバッテリーのショートによる火花の発生が着火のかなり大きな原因であることが判明した。また、LP ガスボンベの口金の緩みによる引火ガスの噴出が火災を大きく拡大する一つの要因となっていることが判明してきた。また、『火災報告書』には、プロパンガスボンベが他の金属物体と衝突したときに生ずる衝撃火花が発火源の一つである可能性が論じられている。消防庁の『火災報告書』を読むと、火災が現に発生、進行している現場に入った消防署員やジャーナリスト、あるいは現地に住んでいる人たちの多くが「爆発音」をしばしば耳にしている。その原因の多くが LP ガスボンベの爆発、あるいはガスボンベからの可燃ガスの噴出で起きており、それが火災の規模を拡大する原因となっていると考えられる。

LP ガスと並んで、もう一つ見逃せない火災拡大の要因の一つとして、家庭内での石油ストーブの普及をあげておこう。2011 年東日本震災は 3 月 11 日の 14 時 46 分に発生した。津波が襲った東北地方は、まだ寒い日々が続いていたはずである。当然各家庭では暖房器具が使われていたはずであるが、そのなかに石油ストーブがかなり一般的に使用されていたと考えられる。当然、二十リットル程度の石油が各家庭で貯蔵されていたはずである。1993 年 (平成 5 年) の北海道南西沖地震のときには、奥尻島の南端に位置する青苗のときは市街地の約 80% が焼失するという大火災が津波によって誘発された。このとき各家庭では戸外に石油の貯蔵タンクがそなえられて

いた。この石油貯蔵タンクに火の手が及ぶと、それらは次々と爆発して、なかの石油が飛び散り、火災を拡大させたことが指摘されている。今回では各家庭で貯蔵された暖房用の石油が火災の拡大の要因になったことは、あまり指摘されていないが、季節的に家庭内の石油貯蔵タンクについて考察しておこう。

以下には、LPガス、および石油暖房器具の普及と、津波に依る火災の発生状況の変化が歴史的に符合するかどうかをチェックしておこう。

11. 2 LPガスの家庭内普及の歴史

日本LPガス協会のホームページ(2016)によると、1963年(昭和38年)まではLP(プロパン)ガスの「黎明期」とされ、この年まではまだ一般家庭に広く普及してはいたわけではなかった。現在の家庭用LPガスの全国の販売量の合計は6,297千トン(2015年)であるが、全国販売量がこの水準に達したのは1989年(平成元年)のことであって、昭和40年(1965)には、この量は1,641千トンと現在の約4分の一にすぎなかった。すなわち、LPガスボンベが現在のように普及するのは、1970年(昭和45年)以降のことであると言えるであろう。ということは、チリ津波(1960年、昭和35年)までは、LPガスボンベによる金属衝撃発火、可燃ガスの噴出による火災の拡大は起きるはずがなかったのである。

11. 3 石油ストーブの家庭内普及の歴史

こんどは、家庭内で石油ストーブが一般的に使われるようになった事情について記しておこう。石油連盟のホームページ(2006)によると、我が国で石油を用いた加圧式ポータブルストーブが初めて輸入されたのは大正9年(1920)であるが、これは家庭用として普及したものではなかった。家庭内で用いられる石油機器として我が国で初めて生産されたのは昭和30年(1955)の加圧式ストーブであるが、これはさほど普及しなかった。本格的な家庭用室内ストーブは1960年(昭和35年)

に登場した「芯式石油ストーブ」の普及に始まる。リボン状の「芯」に石油を滲みこませてこれに点火し、背後に金属の反射板をおき、転倒時には自動的に消える装置を備えたこのタイプの石油ストーブは、1960年代に急速に発達し、日本の一般家庭から伝統的な暖房器具である火鉢が駆逐され始めたのはこの頃であるとされる。この記述によると、一般家庭に灯油が備蓄されるようになり始めたのは1960年代以降のことである、ということがができる。

12. 結論

以上に述べたように、LPガスボンベの一般家庭への普及は1970年のころであった。また石油ストーブの家庭への普及とそのための家庭での石油備蓄が一般化したのは、これより5年ほど早い1960年代の半ばであった。また、筆者自身の実感であるが、自動車が1家の1台かそれ以上所有されるのが当たり前になった年代も1970年のころであったと記憶している。言うまでもなく、LPガスボンベ、石油備蓄用タンク、自動車の2011年の津波の火災の着火、火災拡大、火災継続の要因となったと考えられるこの3種の物品は、明治から昭和初期には全くなく、第二次世界大戦の後、約25年が経過した1970年ころまでは、まだ一般家庭には普及してはいなかったものである。この事実は、明治三陸津波(1896)、昭和三陸津波(1933)、南海地震(1946)、新潟地震(1964)の各津波の際には市街地火災はほとんど発生していなかったのに対して、北海道南西沖地震(1993)の奥尻島青苗の大火災によって初めて津波に依る大規模な市街地火災が発生した事実とぴったり対応している、と言えるであろう。

2011年東日本震災の津波による市街地火災発生要因は、家庭内のLPガスボンベ、石油備蓄、自動車の3つである。これを本稿の結論としたい。

13. 謝辞

この研究は、科研費研究（基盤研究 B）「南海トラフの巨大津波による大規模火災の危険予測と防災対策（代表：増田達男教授，金沢工業大学）」の一環として行ったものである。

参考文献

- 久慈市，2012，「東日本震災・久慈市の記録，2011.3.11～2012.3.11」，pp17
- 毎日新聞社，2011，『写真記録・東日本大震災・3.11 から 100 日』，ISBN978-4-620-60659-0C0072
- 日本火災学会東日本大震災調査委員会（委員長 関沢 愛），2016，「2011 年東日本大震災火災等調査報告書・完全版」，全 9 章，資料の章を合わせて pp789
- 日本 LP ガス協会，2016，LP ガス 50 年の歴史，日本 LP ガス協会，ホームページ，<http://www.j-lpgas.gr.jp/index.html>
- 石油連盟，2006，「石油灯油機器年表」，<http://www.ecofeel.jp/naruhodo/konjaku/index.html>
- 消防庁消防研究センター，2011，平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の被害及び消防活動に関する調査報告書（第 1 報），消防研究技術資料，82，pp.370
- 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ，“The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey (TTJS) Group”，2011，<http://www.coastal.jp/ttjt/>
- 都司嘉宣，佐竹健治，石部岳男，楠本 聡，原田智也，西山昭仁，金幸隆，上野俊洋，室谷智子，大木聖子，杉本めぐみ，泊 次郎，Mohammad Heidarzadeh，綿田辰吾，今井健太郎，Byung Ho Choi，Sung Bum Yoon，Jae Seok Bae，Kyeong Ok Kim，Hyun Woo Kim，2011，2011 年東北地方太平洋沖地震の津波高調査，地震研究所彙報，86，3/4，29-279
- Tsujii, T., K.Satake, T.Ishibe, T.Harada, A. Nishiyama, S. Kusumoto, 2014, Tsunami Heights along the Pacific Coast of Northern Honshu Recorded from the 2011 Tohoku and Previous Great Earthquakes, Pure Appl. Geophys., 171, 3183-3215
- 矢沼 隆，都司嘉宣，門田 寛，佐藤雅美，芳賀弥生，今村文彦，2015，和歌山県西岸における昭和南海地震（1946）及びチリ地震津波（1960）の津波高現地調査，津波工学研究，32，349-375
- 吉田久雄，大藤友詳，2012，東日本震災における久慈国家石油備蓄基地の防災活動について，日本地下石油備蓄株式会社，Safety and Tomorrow，143，39-46