

津波火災

D1-26 2021.04/20

火災調査探偵団

東日本大震災は、地震による倒壊と合わせて津波による被害が甚大であり、東日本全域に大きな爪痕を残した。地震火災も多く発生したが、その規模を超えて津波火災と言う広域火災の課題を提起した。The Great East Japan Earthquake caused enormous damage due to the tsunami as well as the collapse caused by the earthquake, leaving large scratches throughout eastern Japan. Although many earthquake fires occurred, the issue of wide-area expansion fire called tsunami fire was raised beyond the scale.

※この文章は、下記の2学会の発表論文と発表時資料を基本に加筆修正した。

- ・日本火災学会 2011.11「東日本大震災災害調査報告書(速報版)」4.2-7 (4)気仙沼市-火災状況、
- ・日本建築学会 2012.09-防火部門「地震・津波による火災への備え」2.気仙沼市における津波火災

はじめに

地震火災は、その一つ一つの出火原因よりも「広域拡大火災」となった原因に対する考察が重要で、消防的視点で言えばそのことが知りたいことでもある。しかし、阪神淡路大震災もそしてこの東日本大震災にあっても、地震火災として取り上げられる多くがアンケート集計のようなものが多く、広域拡大火災がどのような原因から発生し、そしてどのような現場の事実に基づいて考察されるのかと言った視点が希薄となる。そのことは、市街地の広域拡大火災の現場に立って見ると「調べようがない」と思える現実に突き当たり、結局のところ掲載される写真の多くが被災地の全景のスナップ写真の類であることから理解される。

ここでは、津波火災を考えるにあたって、次の順序で組み立てて見た。

- 1) 気仙沼市街地の火災現場の実態
- 2) 現場の事実から津波火災を裏付ける事実関係
- 3) 津波火災を形成した要因
- 4) 津波火災の出火機構

津波火災を前提にして記載しなかったのは、震災時の火災によるり災全体の状況を見たうえで、津波火災を考え多面的に検討して考察したためである。

内容が全体的に、火災の実況見分調書を踏まえたような構成となっており、読みづらいが、それが震災時の津波火災の構成した事項であり、市街地の広域火災となった経緯となる。

なお、津波火災は、その実態が報告された端緒は1993年7月12日北海道奥尻島の地震(北海道南西沖地震)の地震火災としての報告が始めではないかと思う。当時、東京消防庁からの水難隊員等が支援隊として出場し活動している。

1. 気仙沼市街地の火災概要

1) 概要

2011年3月11日14時46分頃に三陸沖を震源とするマグニチュード9.0「平成23年東北地方太平洋沖地震」が発生した。この地震により、宮城県栗原市で震度7、宮城県、福島県、茨城県、栃木県で震度6強など広い範囲で強い揺れを観測し、また、太平洋沿岸を中心に高い津波により東北地方から関東地方の太平洋沿岸に至る広い範囲に甚大な被害をもたらした。

この中で、気仙沼市街地一帯は津波と火災の二重の被害を受け、特に鹿折地区は市街地火災が発生し、また、大島を中心として林野火災の発生も含めて102,000㎡の延焼面積となった。

2) 気仙沼市の被害等(2012年当時)

津波による被災部分は図1のとおりである。



図1-気仙沼市周辺の津波被災地域(日本地理学会)

気仙沼市の中心地の被災は図2で、これが図3に示す事前に各戸に配布されていた「津波被害想定防災マップ」とおおよそ一致している。しかし、B地区の左は、大川と神山川沿いに津波が舳上し、両河川に挟まれた地域が想定を上回る被害となっている。



図2 気仙沼市中心部の津波被災地域



図3 津波の被災時-防災マップ



写真1 気仙沼湾(安波山付近)、対岸が大島、右奥の突端が朝日町(2011.05撮影)

気仙沼市街地内の消防確認の火災は、図4の範囲内では6ヶ所とされている。その中で、北の鹿折地区が1ヶ、魚市場西側では4ヶ、朝日町付近で1ヶを示す。対岸の大浦、小々汐の湾内は対岸からの火災とされ、また地図外の大島の山火事も市内からの火災とされる。これらを「飛び火災」として扱う。

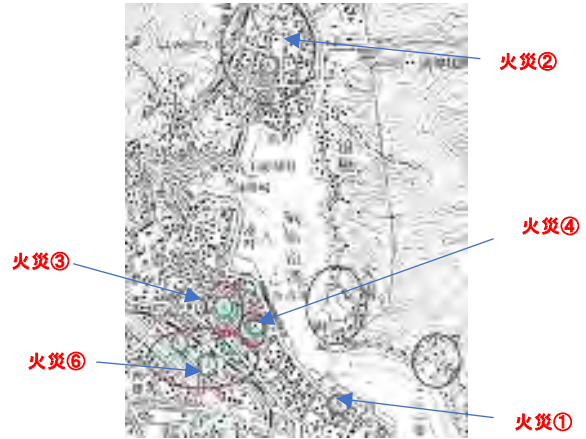


図4 気仙沼市街地内の火災状況

3) 火災の発生状況

消防本部の暫定資料(2011.06)によると、火災は市内の3つの街区、A,鹿折(ししおり)地区、B,内の脇・朝日町地区、C,大浦・小々汐(ごごしお)地区に渡っている。

時系列に沿って火災の推移を見る(2011.06現在、公式記録ではない)。

3月11日

14時46分,M9.0 震度6弱の地震。

地震後に、市内の電気は停電。

14時54分,津波第1波、気仙沼広田湾沖6.0m

15時08分,(南三陸町)戸倉、津波第1波来襲

15時11分,気仙沼市大島 田中浜、津波第1波

15時14分,最大波,気仙沼広田湾沖6.0m 観測

15時30分,[火災①] 気仙沼市朝日町

超冷建物火災発生

15時56分,[火災②] 気仙沼市鹿折地区

火災発生

16 時 13 分,(南三陸町)内湾,津波第 2 波来襲

16 時 15 分,気仙沼市内湾 津波第 2 波来襲

16 時 26 分,[火災③] 気仙沼市弁天町付近
火災発生

17 時 30 分,[火災④] 気仙沼市梶ヶ浦付近で
火災発生

19 時 24 分,[火災④-2] 気仙沼市大浦・小々汐
沿岸地区火災発生

20 時 40 分,[火災④-3] 気仙沼市大島 外浜地区
林野火災発生

市街地内では、①から④の 4 件が記録されている。
次に、火災発生時の消防活動記録から見ると

15 時 30 分,119 番通報-朝日町・超冷建物付近から火災[火災①]が、津波の到来後に発生した最も早く
覚知された火災。

15 時 56 分,P 覚知-新浜町地区の炎上火災を確認
[火災②]

16 時 26 分,P 覚知-弁天町付近(仲町)白煙発見
[火災③]

18 時 04 分,119 番通報-弁天町 1 丁目
ホテル一景閣付近 [火災④]

これらが消防活動の中で扱われている。

3 日後の 14 日に事後確認された 11 日の火災として、
内の脇 2 丁目付近の[火災⑤]がある。

3 日後の 14 日 22 時 38 分に火災覚知された、内の脇地区
(南気仙沼駅付近)の[火災⑥]がある。

最終的には、火災件数は、気仙沼市 8 件(気仙沼市街地 6 件、
本吉 2 件)とされた。火災件数は、火災の原因となった現象を一件とし、
地理的条件などを特定したうえで「火災件数」とされている。



写真 2 火災①冷凍倉庫火災(海保庁舎からの映像)

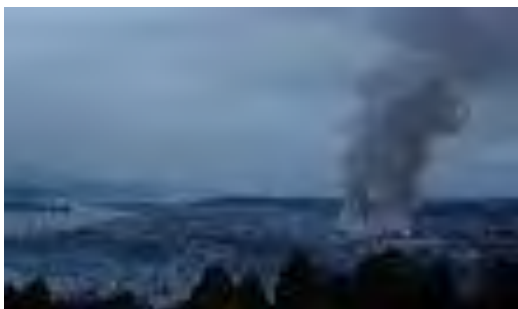


写真 3 3/14,22:38 覚知の内の脇の火災⑥

火災⑥ 内の脇の火災は、その周辺が既に津波火災の影響を受け、津波火災の地域とダブっており別件火災とは認定されなかった。しかし、この地域は当時ほぼ鎮圧していたことから、判断の難しい火災となった。

なお、同様に、鹿折地域なども 11 日以降 20 日頃までの 10 日間で、消防は救助活動中に消火活動をしており、焼損した地域内での「再出火」であるとして「再燃火災」の定義に該当せず、別件の火災件数としては扱われていない。火災活動記録上では、それぞれの確認時間とジェットシューターによる消火活動等が記録されている。

その様子が写真 4 で、地震翌日の 12 日の鹿折地区の火災状況で、焼損地域内からの再出火の火災が多数ある。このため、消防隊の活動は、昼夜を問わず続けられた。浸水の激しい内の脇地域でも数日間にわたって、消防隊による「再出火」箇所の消火が続けられている。



写真 4 3 月 12 日夜 18 時頃「鹿折地区」の火災状況

2. 発生した火災順の建物等焼損状況

1) 火災① 15:30 出火 朝日町・超冷凍倉庫建物



図 5 火点①超冷凍倉庫建物の付近図



写真 5 建物東側(正面)からの焼損状況

始めに出火したとされる超冷冷蔵工場を見ると、南北に細長い簡易耐火造一部 2 階建ての建物で、2 階が焼損している。南側(海より)に 2 階事務所が

見られ、北側の1階は倉庫となっている。焼損は、南側では2階事務所の東側が強く、建物全体としては中央部が座屈して焼損しており、中央部の内部は浸水により入れなかった。焼損は、建物内部から出火したか、外部の窓を経て延焼したか確認できなかった。津波の後だが、海上の津波火災の発生以前に出火している。

2) 火点② 15:56 出火 鹿折地区一帯の焼損状況



写真6 鹿折地区一帯、南から北方向を見る

鹿折地域は、南から北に向かって焼損と倒壊箇所が広がっており、北に焼け止まり線が確認できる程度である。関係者から得られた「あの辺から始めに煙が上がった」と言われる地域を詳細に見分するも焼けた鉄骨等の残骸のみで何らの手がかりは得られず、また3ヶ所からの出火の話もその信憑性は確認できない。

3) 火点③ 16:26 弁天町、内の脇付近

弁天町から内の脇地域は、津波の影響が厳しく、焼損している建物についても手掛かりとなり得るものは少なく、焼けの状況から外部からの延焼状況が見られる明確なものはなかった。



写真8 内の脇 2-23「湯みえーる」の焼損、破損状況

建物の内側の焼損部分は少なく、東側(海側)に面した破損状況が強く、かつ外周部からの焼損が強く見られ、外から内部に延焼した状況を呈している。

なお、被災直後は、建物東側にトラックが横転して突き当たった状態で焼損していたことが確認されている。

3. 焼損状況から見た火災の様相

1) 内の脇地域(図 2-B)に見られる焼損状況で焼け

止まり付近

内の脇にある公園内の立木は根元付近まで焼損し、公園の縁石布コンクリートは、地盤面近くまで焼損剥離し、長時間焼損していたと推定される。

このことは「津波火災の高さ」がこの(標高)高さ程度が限界で地盤面に近い部分の焼損が見られる。さらに、これらの焼損範囲を調べると、図6のとおり、南側に大川の土手が続き、西側がやや高く、津波被害の末端部に位置し、焼け止まり範囲が地形による自然条件により成立している。

通常は、河川、道路などの隣棟距離や消防隊の部署位置により「焼け止まり線」は決まってくるが、水平面の地形的高さにより「焼け止まり」が見られ、かつ、津波の水が淀むようなところほど焼損が強いことが特異で、平地の僅かな高低差で焼け止まりが見られる。



図6 内の脇の2丁目付近の焼け止まり範囲
青い線の範囲で焼け止まっている。



写真9 公園の外周部に見られる地盤付近の焼損痕跡

この焼け止まり線の範囲から少し海岸方向に行くと、焼損の高さが変化する。

2) 内の脇地域の2/0 建物の焼損状況

写真10の焼損した建物は、1階に焼損が見られず、2階が崩れて焼損している。通常の建物火災では、1階に焼損が見られない場合は2階を出火箇所として、1階は燃え下がりだと判断されるが、内部を見分すると、2階の床裏と根太に強い焼損が見られ、その下の胴差しも焼損している。

2階床下の写真は、通常火災では見られない根太の強い焼損があり、その部分からの出火拡大が認め

られる。この地域は、この建物に代表されるように2階の床裏や床下付近からの焼損が見られ、この高さが延焼線となっている焼損である。



写真10 2階屋の焼損状況、2階のみの焼損



写真11 2階床下の根太と胴差の焼損状況

1階からの焼けが見られないのに、胴差から根太にかけて全体的に焼損し、根太の焼損が強い。

この地域は、2階床下付近の高さからの出火が推定される。通常は、この高さ付近からの強い焼損が見られる延焼要因は少ないことから、「特徴的な焼損状況」と言える。

さらに、2階根太の強い焼損から考察すると、長時間に渡って燃え続けていたと思われ、火災⑥が震災後3日後に出火していることから、2階床裏の根太に残った残り火により再出火したものではないかと推定される。12日は雪、雨の天気からして3日後の出火の痕跡と推定される。

3) 内の脇2丁目の耐火造共同住宅の焼損状況

焼損している耐火造建物は、2階テラス窓の下部が破損し、1階からの延焼が弱いにもかかわらず、2階ベランダの外壁に焼損剥離の強い焼けが見られる。



写真11 内部より外周部の焼損、特に2階床部が強い

写真11は、2階床下付近の水平線上の焼けが顕著で、建物内部からの出火よりも外周部の1階から2階の間付近の「一定の高さの水平面の外からの延焼」を示している。さらに、外周部からの延焼方向は、建物南東側の海岸側に面した方向となっている。

4) 鹿折地域(図2-A)で見られた建物火災の焼損

鹿折地域は、広範囲に渡って破損や焼損物件等が散乱しているが、幾つかの建物に着目すると「水平面の外から延焼」を示す焼損部分が確認される。

写真12は、鹿折地区のやや北の中みなと町を南から北に見た状況。



写真12 鹿折地区の中、東みなと町付近の状況

写真12右、手前のS.Sの看板の2階建物から奥のベージュ色の3階建物までは焼損は見られない。しかし、その奥の赤い屋根(「ケアハウスみなみ」)の建物は窓付近から外壁部に焼損が見られる。

鹿折地区は海側に近いとあまり焼損が見られず、陸地部の奥に行くほど焼けが認められ、津波の末端部で焼損領域ができたこととなり、内の脇の公園で観察されたことと類似する。



写真13 03/12産経新聞航空映像から、右手の赤い屋根が写真12のケアハウス

写真12の赤い建物に着目すると、上空からの撮影動画が3月12日早朝に撮影された写真13で、手前の白い「郷古紙店」が延焼しており、その奥の赤い屋根の「ケアハウスみなみ」からも噴煙が見られる。そして、付近は冠水している。

この付近が帯状に沿って、水平線的広がりの延焼が見られる。



図7 鹿折の中・東みなど町付近の上空俯瞰図
中央赤い屋根がケアハウスみなみ、左が郷古紙店

図7は、4月6日のGoogle地図で、赤い屋根(ケアハウス)の建物の周囲が、茶色く変色し、焼損しており、これらは、青枠に示すように鹿折地域の北部に位置し“帯状”に形成される焼損地帯である。

鹿折B地区全体が焼損していると思われるが、建物等の定着物で焼損している範囲は図7に示される範囲が主であり、海岸よりの地域は損壊が主となる。このため、海岸から離れて北に向かうほど市街地火災の延焼が強く認められる。

その帯状帯の延焼部分を建物の焼損から見る。



写真14 鹿折地区内の建物の焼損状況

写真14は、青く引いた線に沿って、外壁に強い焼損が見られ、2階の焼損は、1階左側奥の窓から内部に延焼し上階へと延焼している。

ここでも、一定の高さの水平面の外からの延焼が確認される。

写真15は、錦町付近のガレキの中のバスの焼損状況である。横転して焼損しているバスは、内燃機関等及び下部の焼損がなく、約1mの高さ(黄色線)からだけが焼損している。しかもタイヤは焼損しておらず、焼損の幅が高さで30cm程度の幅の焼損帯となっている。



写真15 鹿折地区内の横転したバスの焼損状況

5) 大浦地区(図2-A)で見られる建物火災の焼損

内の脇地域の弁天町からの延焼範囲に捉えられている、気仙沼港の東側対岸の大浦地区の建物の焼損状況を見る。



写真16 大浦地区の板壁と建物の外部延焼の焼損痕跡

大浦の建物の板壁と焼損した建物に「水平面の外から延焼」の痕跡が確認される。

写真16の左手の建物の板壁にはくっきりと焼損した線とその下の汚損の壁面が見られ、この焼損線と同じ水平高さの位置で、奥の写真17の建物火災が見られる。

写真17の建物は、外壁の外から内部に延焼した焼損状況を呈し、写真中央部の窓付近が強い焼損で、窓の下に50cm角の焼損溶解した発泡スチロールの塊が認められる。この窓から建物内部に延焼していると推定される。



写真17 外周部から内部に延焼した建物



写真18 板壁の焼損線

写真18建物の板壁を詳細に見ると、地盤から約1.6mの高さに帯状に焼損した線状痕跡が見られる。その下は汚れており浸水した跡と見られる。浸水海面線より上で焼損の線状が明確に認められる。しかし、焼損帯の幅は写真18からは5cm程度の幅に限定されている。

6) 船舶の焼損

気仙沼湾内付近には船舶が焼損しているのが見られる。そして、これらの船舶にも特徴とされる「水平面の外からの焼損状況」が見られる。



写真 19 岸に打ち上げられ焼損した FRP 製漁船

写真 19 は、大浦の岸壁に打ち上げられている漁船の焼損である。船の材質は FRP 製のため火災に弱く燃焼しやすい。船の周囲を見ると上部甲板の縁に沿って焼損しており、甲板部上部構造物も焼失している。船底部が焼け残り、船の形を残している。



写真 20 焼損している鋼板製の消防艇

写真 20 は、消防艇の焼損状況である。全体に煤けて焼けている。特に吃水線(黄色の線の付近)に沿って、塗色が焼けて、はげ落ち、変色から強い焼損を認める。しかし、上部構造物は、焼損が弱く、船内の焼損は少ない。材質が鋼板であったことから、外周部のみの焼損で留まり内部への延焼は少なかったと推定される。

4. 前 3 で示した焼損について

1) 建物等の焼損事実からの考察

気仙沼市街地火災を形成した図 2-A,B,C 地区を B の内の脇地区から焼損物件を見分した。

これは、気仙沼の海上の火炎帯を TV 映像等で既に見て「津波火災」と結びつける人にとっては、これらの焼損の見分や焼けの状況はムダのように感じられるかと思う。それよりも津波火災のメカニズムを知りたいと考えるのが普通である。火災学会の研究発表会等で取り上げられている内容も現場の焼損の考察はわずかで、かつ、延焼拡大が津波火災によるものであるとの前提で組み立てられ、その視点が論旨が展開されている。

しかし、映像等の先入観を排除すると、いわゆる津波火災は地震火災との関係性においてどのように違うのかの立脚点が無くなってしまふ。例えば、「気仙沼の市街地火災は、幾つかの地震火災が拡大したもので、海上にガレキの火災が見られたが、陸上への影響は少なかった」と言われることにもつながる。その意味で、個々の焼損状況とこれらを事実確認した上で論旨を進めてきた。

さらに、そして「津波火災」と言っても取り上げ方に次のような違いがあることに気づく。

事象 1 地震より火災が発生し、その後の津波の来襲、浸水により消火困難となり、津波による倒壊等も重なって延焼拡大した火災。火災は地震により出火したもので、津波による消火活動困難が拡大要因となった。

事象 2 地震により倒壊し家屋等が集積した場所で、津波による影響で火災が発生し、これらが消火困難なことから拡大した火災。この場合の要因に運転中の車両が津波により建物等に衝突、クラッシュして出火したと推定され、ガレキとともに延焼拡大した火災。

事象 3 地震とその後の津波で海上にガレキ等が集積し、それらが炎上し「海上に火炎帯」が形成されたが、海上のガレキが燃えただけで市街地火災に関与しなかった火災。

事象 4 海上でガレキ等が集積して、それらが炎上して「海上の火炎帯」が形成され、潮流により市街地に押し戻されて建物に延焼し、広域の市街地火災へと進展した火災。

このように区分すると「津波火災」の対象が、同じようではないことに気づく。特に、関係者の供述によるとこの事象 1~4 がいずれも「津波火災」とされることから、捉え方によって、地震火災にプラスされる津波による消火困難性などの要因の存在があり、被害の大きさが強調されて終わってしまう。これでは地震火災に包含され、広域の市街地火災の視点が抜けてしまうおそれがある。その原因は、事象の整理ではなく、調べる方が、火災現場の事実関係を飛ばして被害実態に注視し、関係者の供述に頼ることにより混乱を招いていることと思う。

この例として、次の写真の解説がある。



写真 21 魚市場前路上に合ったとして掲載されている、半分焼けた柱。上側のみの焼損。

この写真 21 から、片面だけが焼損していることから水に浮かぶ漂流物の焼損痕跡としている論文がある。しかし、見れば分かるが真壁構造の建物火災の内部が燃えた際の柱の焼損状況そのもので、燃えていない部分が胴縁のほぞを境に壁内側だけに明瞭な焼損となっている。通常の建物火災でそれが解体された際に見られる焼損した柱である。建物火災の現場を見分し、調査に記したことの無い方の思い付きで取り上げてた海上火災の焼損痕跡とされている。

ここでは、前 3 で見たように焼損物件の幾つかの特徴的な焼損痕跡を確認して事象 4 としての津波火災を捉えて検討する。

2) 建物等の焼損からの観察結果

建物等の火災は、内の脇地区の写真 11 に見られるように 1 階の焼けがなく 2 階床下の根太付近の強い焼損、鹿折地区の写真 14 の建物外周部に沿った強い焼損とそれを基点とする建物内部への延焼拡大、写真 15 の横転したバスの焼損、大浦地区の写真 18 に示す板壁の焼損線、これらはいずれも特異な焼損状況である。一般の木造建物等の延焼現場では見分されない事実であり「一定高さの水平線に沿った火源帯」でしか焼けの説明がつかない焼損痕跡であり、しかも水平わたる広い範囲の火源となる。それが、「津波火災」が市街地広域火災を発生したことを裏付ける現場の事実である。



写真 22 焼損した内の脇地区弁天町の外科医院

次に、この水平線の火源帯の形態を写真 22 で見ると、津波の高さが「黄色い線」の高さ 5m 近くに汚染した痕跡があり、それに対して焼損の水平線高さ(青い線)は 1.2m 程度に見られる。

これからすると、津波が押し寄せた時の津波高さ(黄色い線)と津波火災を伴う津波が押し寄せた波の高さがかなり異っており、時間的に相違していることがわかる。

津波の来襲が数度にわたっていることからすると、津波火災も地域によって、押し寄せている時間やその高さが相違し、幾つかの地理的条件によりそ

の地区の市街地火災が発生したと考えられる。

津波火災特有の火源の形態としての「一定の高さの水平線に沿った外からの火源」が、市街地火災の主たる原因であり、建物内の延焼拡大はこれが要因となっており、それらは地区別の地理的条件により延焼拡大の発生時間が異なると推定される。

対象物に対する延焼におよぼす火源帯の垂直面の火炎幅は、内の脇の写真 11、鹿折の写真 15、大浦の写真 18 で見る限りは、その火炎幅は内の脇・鹿折・大浦の順で大きさの幅が小さくなっており、地域により火源帯は様ではないと推定される。

さらに、水平面の横の広がりから見た火源帯は、図 6、図 7 に示されるように地盤の標高に影響された延焼形態となっており、津波火災の高さ(水位)に関係し、火源帯より下は水なので容易に着火して燃えることはなく、ガレキ等を含めて燃えているのは、津波の陸地との取り合いの末端や水溜まりのよどむ地形の部分に広い燃焼域として見られる。そのため、海岸に近い地域は焼損がないガレキが多くを占めている。被災現場から、津波火災として次のことが認められる。

- ① 津波を受けて冠水している地域での焼損痕跡は、「一定高さの水平線に沿った火源」と見られ、気仙沼市街火災の地域全般に分布しており、そのことにおいて事象 4 の津波火災の発生によるものと確認される。
- ② 一定の水平線に沿った火源は、焼損痕跡から地区によりその火炎幅(火源の高さ)や水平面の横幅が異なり、火災となった時間においても相違していたと推定される。
- ③ 焼損が確認される物件と焼損が見られないガレキ等物件の分布程度は、地盤高さに影響され、海岸から奥まった所や淀むような所ほど焼損範囲が広く、海岸に近いと焼損物件は少なくなる。

5. 津波火災の形成要因

1) 津波火災の概括

既知のこととは言え、水に浮かぶ火源としての「津波火災」を想定することは、燃焼物が水にぬれていることを考えると難しいものがある。燃焼物の大部分がポリエチレン製容器や発泡スチロールなどの資材等だとしても、着火させる手立てが限定される。これらの事象を考える前に津波火災の概括を見る。

- ・地震発生は 11 日 14 時 46 分。
- ・津波の観測として市街地から約 9Km 離れた気仙沼湾の突端の杉の下で、津波観測 15 時 22 分。
- ・そのわずかあとに気仙沼市街地に、余震の続く

中で、第一波の津波が来襲する。

- ・その第1波に近い15時30分頃**火災①**写真2、朝日町冷凍倉庫火災が発生しているが、これは地震による火災と推定される。第2波の津波が16時15分頃で、その前後に15時56分の**火災②**鹿折地区と16時26分の**火災③**弁天町付近(仲町)も火災があり、事象1と事象2の可能性がある。
- ・海上の火炎帯の来襲として報告されているのは18時04分弁天町ホテル一景閣付近の**火災④**となり、事象4に該当すると思われる。

地震が15時頃、津波が15時30分頃、そして津波火災が17時30分頃と時間的なタイムラグがある。



写真23 津波火災の画像(海上保安庁映像から産経新聞)

写真23は夕方と推定される段階で、それほど大きくはなく海上に広がっている。海面に形成された「海上の火炎帯」が、陸地に水平方向の波に引き伸ばされるようにして、一定の幅をもって、羽を広げたように押し寄せている。



写真24 11日18時過ぎの魚町・望洋から



写真25 写真24と同じ位置からの風景

写真25は写真24と同じ位置から撮影した。

この写真から被災時の「津波火災の水位」は車の大きさから、水位の高さは約2m程度と推定される。

この海上の火炎帯が津波火災そのものであり、前

4で示した特異な焼損痕跡と一致する火源となり、広域の市街地火災を招いた原因と言え、視覚的にも理解されるところである。



写真26 気仙沼市街の火災状況(11日20時頃)

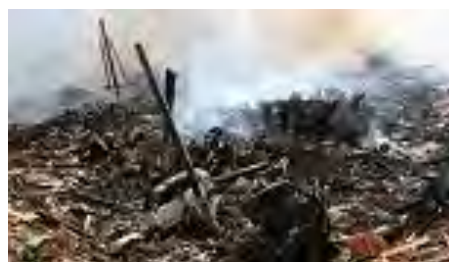


写真27 鹿折地区のガレキ類の火災(12日12時頃)

写真24の海上に出現した火炎帯は、建物やガレキ等に延焼拡大し、写真26のように20時には気仙沼市街の広域火災となり、写真27のように翌日の昼も複数個所で燃えており、写真4に示すように鹿折地区は12日18時の夜間になっても燃え続けた。

2) 津波火災の発生の要因となった危険物流出

この津波火災となった海上の火炎帯は、津波による漂流物が燃えている、と考えるだけでは理解しにくい。発泡スチロールなどを除くと可燃物の多くは、水に濡れると燃え上がることは難しい。可燃物を燃焼継続させる助燃材の存在が影響していたと考える。

その海上の火炎を形成した助燃材として、危険物屋外タンクの油の流出がある。

気仙沼市街地の屋外タンクは、100kℓ以上が23基(朝日町20基、潮見町3基、総容量24,331kℓ)あり、この中で津波により22基が流出した。

破損流出想定量(2011.06/01当時)は、流出した22基内の残量総数量だけで11,521kℓとなる

(ガソリン=約1,500kℓ、軽油=約2,000kℓ、灯油=約500kℓ、重油=約7,500kℓ)。

津波によって転倒したタンクから流出した石油類によって、海上を含めた火災の拡大を招いたこととなる。約1万kℓ相当量を超える危険物が流出し、波間に漂い、養殖用いかだ、発泡スチロール、倒壊家屋などを媒介して、寄り集まってこれらのガレキ

等が一定幅の可燃物帯を形成したこととなる。

地震と津波により転倒・流出している屋外タンクは、構造上、底部の固定はない(固定されているとスロッシングにより壁面と底板で亀裂の恐れがある)。なお、1974年岡山水島の重油流出事故以降の法令改正により防油堤のかさ上げや地盤の補強等の整備はなされている。



写真 28 陸地で転倒しているタンク



写真 29 流出し、河川の河口に横たわるタンク

写真 28 と 29 は油槽所等で転倒又は流出したタンク。なお、市街地に多くのタンクを見るが、全てが危険物タンクではなく、形状が似ているが危険物貯蔵とは関係のないタンクも多数ある。

海上に流出する様子を捉えたのが写真 30 と 31 である。漂流は、津波到来とほぼ同時に、浮き上げられ、ガレキとともに気仙沼湾を流されている。



写真 30 海上保安庁動画から



写真 31 三陸新報社の撮影写真から



写真 32 屋外タンクのあった油槽所の土盤



図 8 タンクが設置されていた敷地の流出後の状況

朝日町にある油槽所の屋外タンク施設の現場が写真 32 で、タンク底部の土盤に砂が被っており、タンクに接続されていたと思われる可撓配管等が横たわっている。防油堤は、ひび割れ箇所などは見られず大きな損傷はない。タンク防油堤内には 2 ヶ月を過ぎても油類と木材等のガレキが見られた。

図 8 は Google 地図で確認できる朝日町の油槽施設の屋外タンクの流出後の状況で、青い○印は、推定として書き込んでのものである。陸地突端部の海岸に面した所に設置されているため、早い段階で津波の影響を受けたものと思われる。

これらは、津波の水の力もあるが、写真 33 に見られる津波とともに打ち寄せた砂等の運動圧力があつたと思われる。



写真 33 ビル 2 階に打ち上げられている大量の砂とガレキ

3) 海上の火炎帯の形成

油槽所の見分内容と各地に点在する屋外タンクの損傷あるいは焼損状態から、海上の火炎帯は、助燃剤として「津波で流出転倒し、破損した屋外タンクからの油類」であると確認される。

気仙沼市街地で発生した火災は、その規模や範囲において、油槽所の屋外タンクによる油流出を原因とする「海上の火炎帯」による。この火炎帯は、既

に数度の津波により海上に浮遊していた木材や発泡スチロール材などのガレキ等に油類が付着(汚濁)して燃焼しやすい可燃物の漂流物の集積として形成され、何らかの火源により火炎帯となったものである。

火炎帯が海上を浮遊したことにより、船舶火災へと進み、その漂流船舶が湾岸各地への延焼拡大を招き広域火災へと進展している。

発火源が何であれ、油槽所等の屋外タンクの流出油を伴わない地域では、このような広域火災へと拡大することは少ないと思われる。危険物タンクからの流出油の影響が、市街地火災の基本的要因となっている。

気仙沼市街から南三陸町までの海岸沿いの津波被災地域を見たが、市街地以外の海岸線は火災による焼損地域はほとんど見られなかった。「津波火災」とは言っても、漂流物などが燃えるだけでは、燃焼物の周囲は津波で浸水しているため被災地域への延焼拡大は、浸水領域に阻まれ、漂流するガレキ等の延焼に留まり、新たな被害を発生させる影響は低いと言える。しかし、屋外タンクの流出によって、海面上で油面混濁されたガレキ等の火炎帯となると、津波の被災地を巻き込んだ広域火災へと発展することになる。

6. 津波火災の発火源に対する考察

1) 火源の検討

延焼拡大の主たる要因は、「海上油面火災の形成」によるものとなるが、火災となった発火源について、考察する。海上のガレキ等が油污濁により着火しやすい状態であったとすると、経過として「引火」「接炎」を念頭に、発火源として次の3つを検討する。

冠水による①電気機器等の短絡時の火花

冠水による②車両(電装)装置類の短絡時の火花

漂流物等の③金属と金属の衝撃火花

がある。タバコなどの通常の火源は、津波来襲時の状況から打ち消される。

2) 地震時の電気火災

電気機器等の短絡時の火花は、火災として発生していると思われ、鹿折地域でも地震直後の火煙が見られたとする供述や火災①の朝日町冷凍倉庫などではその発生を否定できない。しかし、津波の前、地震後に市街地全域で停電となっている。

これらの火災が、炎上し続けて、油污濁されたガレキ等の火源となったことも否定することは難しいが、時間経過と写真 23 のように海上に火炎帯が形成されていることとすると可能性は低いと言える。

3) 車両からの主として電気系統部からの火災

車両冠水によりバッテリー付近あるいはヒューズボックス付近で、冠水により導通し、その後短絡等により出火することについて考察する。

まず、車両火災の前提として、運転していない駐車(停止)車両の火災はその出火例が放火以外にはほとんどないことである。車両火災の現場を見ていると車両は出火危険性が高いものと思えるが、運転していない車両からの出火・炎上はほとんどない。駐車車両の火災は、ディーゼリング現象や複製キー使用による未停止稼働など、限られており、その場合も直前にエンジン稼働によりオイルや燃料循環があることによって発火から炎上へと進展している。駐車(停止)車両の火災は、オイルや燃料循環が停止されていることから発火しても炎上しないのが一般である。例外は、現在(2021年)の電気自動車であるが、東日本震災時の電気自動車の普及率から見て火源と考えることは難しい。

冠水事故により車両火災の報告例は、単にターミナルボックス周辺の焼損に留まるもので、炎上する車両火災は難しい。タバコ等による車内からの火災は室内が水濡れしており炎上には至らない。

この車両火災の出火特性(オイル・燃料循環が炎上ポイント)を踏まえて考えたい。

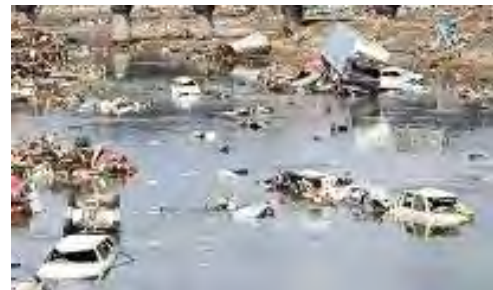


写真 34 河川の中に浮かぶ多数の車両の残骸

被災地には無数の損傷した車両が確認される。河川に沈む車両、クラッシュしたもの、焼損したもの、などが無数にあり、多数の焼損車両を見ると其の中からの出火が疑われる。さらに、建物にガレキとともに追突した車両に後部灯が点灯し電気系統が通電されたままの車両も見られる。

焼損したトラックを見分すると、運転席ダッシュボード付近からの出火と思えるものもあるが、詳細に見るといずれも外周部から延焼している車両ばかりであった。

さらに、写真 35 など幾台かのクラッシュした車両も見したが、いずれも出火したと思える形跡は認められなかった。また、写真 36 のようにボンネットを開けて、バッテリーを見分した車両においても、工

エンジン部内部に堆積砂が認められるもののバッテリー付近に焼き痕跡が見られる車両はなかった。

自分なりにかなり根気よく調べたが、いずれの車両も車両からの出火を裏付けられるケースも、また、エンジン部やヒューズボックス付近に焼けの痕跡が認められるケースもなかった。

なお、車両からの火災で、ヒューズボックス付近で出火したとしても機関部が水濡れし、エンジン系統が稼働していないと発炎して延焼することは難しいと言える。



写真 35 クラッシュしていた車両の内部を見分



写真 36 ボンネットを開けてバッテリー付近の見分

高速道路上で衝突しクラッシュした後に、バッテリー付近から出火する事例があるが、その場合はバッテリー部配線等の損傷とエンジン部損傷によるオイルやガソリン漏れなどが複合したことによる要因から車両火災となる。津波の力によるクラッシュを想定するケースは有りうるが、その場合エンジン系統が稼働していたとする仮定が必要となる。又、車両の冠水事例は台風時の河川決壊現場で発生するが、この台風時冠水している車両の出火事例もなく、津波の塩水冠水を想定してもヒューズボックス付近に限定される焼損に留まり炎上する車両火災に結びつけるには、火災事例がないのではないかとと言える。

同様に火災学会の自動車火災専門委員会も現地調査された事項を「東日本大震災火災調査報告書(速報版)2011.11」に報告されているが車両の電気系統からの出火の裏付けは得られなかったとしている。

これらのことから、車両本体の火災を否定するものではないが、事象 4 を考えた際の津波火災の火源としては難しく、事象 2 のような津波により避難中の運転車両が建物等に激突してクラッシュして火災炎上したケースであれば十分に考えられることとなる。その点では、津波被災地に多数の車両の残骸を見ると、車両からの出火を打ち消すことはできない。

いずれにしても、炎上したと思える焼損した車両の出火原因を判定することは通常の現場でも難しく、地震時の津波に対しては様々な要因が考察される。とは言え、多くが憶測で述べられており、事実認定をなされているケースはなく、焼損した多数の車両を見ての「感想」に近いもので、その補強として近隣者の供述を取り入れて報告されている

4) LP ガスと衝撃火花

もっとも可能性の高い津波火災の出火機構として LP ボンベからの漏出ガスによる火災がある。

これは、多量の浮遊物が衝突した際の衝撃火花を発火源として、LP ガスを着火物とするものである。LP ガス雰囲気の中で、金属類の衝撃火花により容易に着火すると推定される出火機構ではあるが、立証する手がかりが焼損物からは得られないことから、津波時の動画(宮城県名取市関上(ゆりあげ)で撮影)により考察する。



写真 37 海中の LP ボンベからガスが噴出している様子

動画では、LP ボンベが、津波で漂流し、併せて、ボンベから LP ガスが噴出している様子が写真 37 のように映し出されている。LP ガスが噴出すると付近に極めて着火性の高い可燃性雰囲気形成され、金属類の衝撃火花で、容易に着火炎上する。その際に付近に倒壊家屋の木材等ガレキがあれば延焼する。

木造建物の火災現場に際し、消火活動中、外壁に置かれた LP ボンベから炎が噴き出す様子を現場で見る光景と同じである。その際のボンベ先端からの噴出火炎は、そのままでは爆発するのではと思えるほどの勢いで、その噴炎はかなり長く感じられる。消火活動中はこの噴炎を消さないで、燃え続けさせて中のガスが無くなるのを待つしかないが、アセチレンボンベからの噴炎より LP ボンベからの噴炎が強いように感じる。また、LP ガスと金属類の衝撃火花による火災は、「清掃車両の火災」の火災原因と同様で、カセットコンロ用 LP ボンベからの漏洩ガスとロータ時の金属の衝撃火花の取り合わせの火災としてよく知られた原因である。

このLPボンベの津波による挙動を動画から見ると、波間に浮いているボンベはガスの噴出力で動き回り、何らかのタイミングでガスが勢いよく噴き出したり、しばらくして水の中に沈みかけ、また、噴き出したりと不安定な動きがみられる。

次に、噴出ガスの着火の様子である。



写真 38 ガレキの浮遊物には何もみえないように見える



写真 39 ガレキ中で、LP ボンベからガスが噴出する



写真 40 火の点いたガレキが浮遊物して流れて来る



写真 41 ガスに引火して炎が噴炎する様子

写真 38～41 は、様々なガレキ等漂流物が、津波の流れによって雑然と移動している中で、急に、LPボンベのガスが噴出する。しばらくして、火の付く付いた漂流物が流れて来ると、トラック等に押し止められた箇所で、ガスに引火して勢いよく炎が噴出して燃え上がる。何気なく見ると、トラックから炎が立ち上がって燃え出したように見える映像である。

この動画では、約1分間程度のある方向だけの動画内に、写真37と写真38の2件の噴出現場が撮影されている。

ここで海上の火炎帯の状況を見ると写真42のような現象を確認する。



写真 42 波間に浮かぶ海上の火炎帯の中の噴炎
(海上保安庁画像、産経新聞)

海上に浮かぶ火炎帯に、炎の柱が観察される。海上の火炎帯は、油を助燃剤として浮遊しているガレキ等の炎上体であるが、それ自体では「爆発的な火炎」は形成する要因は少ない。しかし、ガレキ内にLPボンベが混在することを前提とすると爆発が理解される。通常の火災現場でも延焼している建物火災の外壁のLPボンベが転倒し、安全弁が閉止されると過熱されたボンベが吹き飛んでいく様を経験するのと同じと言える。

それ手がかりが写真43である。



写真 43 集積物の中に見られる破裂したLPボンベ

浸水等被害地域内には、集積されたLPボンベが多数箇所で見られた。ボンベ全体に焼損が見られるものから、ほとんど焼損のないもの、膨張し破裂したとみられるボンベもあった。

今回の被災により流出したLPボンベは、大量であることが被災地調査でわかる。気仙沼市内の浸水世帯数は、13,974世帯であり、そのほとんどがLPガスを使用していたとすると、1世帯2本検討としても大雑把に半分弱の1万本弱のLPボンベが漂流したことが考えられる。

このように津波により、LPボンベが漂流し、何らかのはずみでガスが噴出している時に、津波の中で漂流している車両等が衝突して、衝撃火花が発生すれば、ガスに引火し、火炎を上げた火災が発生することになる。遠目に見ると、車両が流されて突然燃え上がったように見える現象となる。特に、漂流物は、均一に拡散漂流しないで、潮流のような流れ

によって、集まる所（よどみ）に集まりやすいことから、その箇所で「LP ボンベから噴出したガス(着火物)と衝撃火花(発火源)により火災が発生」する。その火災により、油で混濁された倒壊家屋や木材のガレキへと燃え移り拡大する。

7. 津波火災の発生と進展について

1) 出火機構の考察

上記5の危険物の流出によるガレキ等の油の混濁による着火物の成立、6の各発火源の検討を踏まえてまとめる。まとめるにあたって、津波火災の現象を4つの形態に分けていることから、これを基本とする。

事象1は、地震による火災後に、津波により消火困難となり延焼拡大したものの。このケースは津波とガレキの中で、建物が燃えていることからするとその出火原因は別にして、見た目には津波火災となる。出火原因は地震火災であり、その場合は、暖房器具や調理器具等の転倒などによる出火が考えられる。しかし、延焼拡大している地域は確認することは困難である。それらは、阪神・淡路の延焼拡大地域の出火と同様ではあるが、時間帯から調理器具の可能性が少なく、また石油ストーブもポット式であることから可能性が少なく、地震動が直接起因する火災は少なかったのではと思われる。しかし、地震発生直後に出火した場合は、その後の消火困難により拡大すると言える。

事象2は、地震後の津波の来襲によりガレキ等が押し寄せ、何らかの原因により出火し、ガレキの来襲と合わせて延焼拡大したものの。このケースは耐火建物が衝立(ついたて)の役割となり、多数のガレキがその手前に集積されるとともに、その場で火災が発生することであり、津波到来の時間が近接しており、出火原因として車両からの出火が高いこととなる。

避難に際して運転中であった車両が渋滞の中で避難者がエンジンをかけたまま放置した場合、エンジン稼働状態で津波により移動し建物等に激突することが有り得る。高層道路上の車両火災で側壁に激突し横転した状態となると容易に出火する。電気短絡などを必要としなくても衝撃火花で漏洩燃料やオイルにより出火炎上する。また、漂流したLP ボンベから噴出したガスが何らかの火花により発火炎上することも想定されるが、水中と異なり陸上では空气中でガス拡散されやすく発火確率が低いと言える。

事象3は、海上でガレキ等による火炎帯が形成されたとし、海上だけで燃え、市街地火災とはならないケースである。発生場所の地形に依存して焼損物

が海上で延焼して終息するもので、気仙沼市街火災では対象外となる。

事象4は、海上の火炎帯が形成され、それらが市街地火災へと延焼拡大したものの。このケースが、気仙沼市街火災に関与している。そして、6.において、電気・車両・LP ガスを検討した結果、可能性が高いのはLP ガスによるものと考えられる。

地震発生からの時間的なズレがあり、同様に津波到来時からも遅れて海上に火炎帯が発生している。そのためには、押し寄せた津波が引いて海上に滞留した時には火炎帯の萌芽が形成されていたと考え、火災はその直前の津波の引く際に発生していると思われる。それらの一例が写真38~41である。

津波の発生後に津波が引いて行く時に火災が発生する条件に合致することにより海上の火炎帯が形成されるとするとその条件は次のようなことが考えられる。

- ① 津波がLP ボンベを有する住宅等を押流している地域で発生し、農耕地などの地域では火災の発生事例がない。
- ② 津波の影響が明瞭で、ある程度の浸水深さがある地域である。LP ボンベが浮く程度の水深があり、そのような地理的条件で発生して海に引き戻されている。
- ③ 流物が流れ着いた所は、同じ時刻に、複数の出火が起きていると考える。LP ボンベなどの漂流物の動きと滞留が地理的に同じ場所で発生することにより、たまたまあった一件ではなく、数件の発生があることにより確率的に高く、複合しやすい条件が必要となる。

これらのことを火災発生の要件として捉えると、津波で大量に漂流したLP ボンベが流れ着くのに適した水深があり、かつ、様々な漂流物(車両など)が衝突する可能性の高い付近で、衝撃火花の発生に適している場所で発生し、しかも、それらは、津波の流れとLP ボンベの噴出時間などから、だいたい同じ時刻に複数個所で発生する。妥当性のある衝撃火花の発生源は車両であり、必然的に車両が流れて集積しやすく、同時にガレキ等も集積されることが要因となる。

このように考えるとLP ボンベ1000本が流出したとしても出火する可能性はかなり低いと思えるが、気仙沼市街地の場合は1万本弱のLP ボンベが流され、これらが海に引き戻される際に滞留する箇所が同じようにガレキ等も集積されると出火する可能性は高くなる。

清掃車両の廃棄エアゾール缶による火災も偶然

性の高い火災で、廃棄されるエアゾール缶の総数に比較すると確率の低い火災ではあるが発生して車両火災となっている。

2) 気仙沼市街地火災の海上の火炎帯の出火原因

前記考察から、気仙沼市街地での津波火災を事象1～4に分けて考えると、出火原因の考察としては、事象1は地震時の地震動による不慮の出火とされ、事象2は津波の運動量の大きさにより、稼働している車両のクラッシュ時の車両火災によるものとされ、事象4の海上の火炎帯を形成は津波で流出したLPボンベからのガスに衝撃火花により出火したものと推定される。

そして、これらの火災が延焼拡大した要因は、流出した危険物タンクから漏洩した油類がガレキ等に付着し、延焼拡大されやすい条件を形成したと言える。

気仙沼市の広域市街火災となったのは、各地域の建物等焼損痕跡から「一定高さの水平線に沿った火源」による外周部からの火災によるものと判定され、それらが当時の撮影写真等から海上に形成された火炎帯によると考えることが妥当と判断される。

次に、これらの海上の火炎帯を引き起こした着火物は、危険物タンクから流出した油類により、汚濁された大量のガレキ等で、容易に着火炎上し得る可燃材である。

そして、これらのガレキ等に着火させた火源は、津波により大量に漂流したLPボンベが、水中等でのガス噴出により、拡散されたLPガスが漂流する過程で車両等の金属の衝撃火花により引火して火災となり、その際にガレキ等に着火したものと推定される。これらは、条件的には津波が引く際に合流や滞留したとされる場所で発生し、そのまま海上へと流される。そして、海上で他の漂流物へと延焼し、一定の幅を持って翼を広げたように拡大して行く海上の火炎帯として成長したものである。

[以上]

文責: Y.Kitamura

※ この原稿は、元気仙沼市消防長菊田清一氏の協力により現地で調査した事項を基に作成している。

※ この原稿には、**続編**として「広域市街地火災の課題」を別に作成している。

[参考資料]

- 1) 関澤愛, 佐々木克憲, 東日本大震災による火災の発生状況について, 平成 24 年度日本火災学会研究発表概要集, pp.112-115, 2012.05.
- 2) 菊田清一, 東日本大震災・気仙沼の被害状況, 火災 Vol.61, No.3, pp.34-36, 2011.6.
- 3) 消防研究センター, 第 15 回消防防災研究講演会資料, 2012.01.27
- 4) 日本建築学会大会, 地震・津波による火災への備え, 梗概集.2012.09.13
- 5) 消防防災科学技術寄付講座緊急公開セミナー, 資料集 2011.05.09 (東京大学大学院)
- 6) 東日本大震災の津波と火災.現地調査報告会, 資料 2011.05.12 (東京理科大学)
- 7) 日本火災学会.東日本大震災火災等調査報告書(速報版) 2011.11CD
- 8) 近代消防社編, 近代消防 2012 年 1 月新春特別増大号 (No612)別冊付録「東日本大震災・ダイジェスト」
- 9) 平成 24 年度, 平成 25 年度日本火災学会研究発表概要集, なお、日本火災学会「東日本大震災火災等調査報告書」(要約版)DVD-2015.03 も出されている、7)の資料の方が利用度が高く、ほとんど参考とはしなかった。