

## 2018 年台風 21 号の高潮による西宮市, および神戸市の自動車火災について

### Car fires in Nishinomiya and Kobe cities induced by the storm surges accompanied with the 21<sup>st</sup> typhoon of 2018

都司 嘉宣<sup>1</sup>・増田 達男<sup>2</sup>

#### 1. はじめに

筆者らは, 2011 年東日本震災の津波によって, 10 件の自動車火災が発生しており, そのうち 8 件が冠水深 3m 以下で発生していたことを指摘した(都司ら, 2018)。そのほとんどが, 家屋の火災からの類焼ではなく, 自動車それ自身が火元となっていたことを論じた。茨城県日立港では輸出用として積み出される直前の自動車数百台が焼失した。この事例は, あきらかに家屋火災からの類焼などではなく, 自動車自身から発火した事例であることを示している。このような自動車が津波によって発火する現象は, 2011 年東日本震災以前に実例としては知られていなかった。

津波による発火が, 地上冠水深さ 1 ~ 2m でも発生するという事は, 海水がバッテリーをはじめとする電気系統に海水が浸水した場合, 電氣的ショートが発生して発火すると想定されるが, 火災発生の詳細なメカニズムはいまだ解明されてはいない。また火災の発生時刻が, (1) 津波の来襲時の浸水中だったのか, それとも (2) 津波による浸水が終わって, いったん浸水した電気系統が乾燥した後なのか, よくわかっていない。

津波による自動車火災の発生に関して, 一つ興味がかかるのは, 浸水したのが海水だから火災が発生したのであるか? もし真水であったら火災は発生しないのか? という点がある。また自動車火災は津波来襲中に発生したのか? それとも, 津波来襲時刻を過ぎて

時間が経過した後に発火したのか? にも興味がかかる。これらが解明されれば, 津波による自動車火災の発生メカニズムの解明に大きなヒントが与えられるからである。

2018 年にはこの疑問の解答に大きなヒントになりそうな 2 件の自動車の多数浸水事例が発生した。すなわち, 同年 9 月 4 日に近畿地方を縦断した台風 21 号による大阪湾の高潮の事例と, 同年 7 月の豪雨による岡山県倉敷市真備町の洪水の事例である。大阪府津波高潮ステーション(大阪市西区江之子島 2 丁目 1 番 64 号, 地下鉄阿波座駅下車)の展示発表によると, 2018 年台風 21 号による高潮は, 昭和 9 年室戸台風, 昭和 25 年(1950)ジェーン台風(潮位偏差 2.4m), 昭和 36 年(1961)第 2 室戸台風(潮位偏差 2.6m)を超えていたとされる。

高潮による被害としては関西空港の全面的浸水が報じられたが, これと並んで, 大規模な自動車火災が西宮市甲子園浜二の海岸地区で起きたことはいち早く報道された。また神戸市でも六甲アイランドが浸水して自動車火災が発生したほか, コンテナ火災が発生した。

筆者は, 2018 年 12 月 17 日に西宮市の, 1 月 8 ~ 9 日に倉敷市, および神戸市の各消防局を訪れ各市での自動車の浸水と火災の発生について話を伺った。本稿では次節で 2018 年 21 号台風について概略を述べたあと, 西宮市, 神戸市の自動車火災, および岡山県倉敷市真備町の 2018 年 7 月の洪水による自動車浸水についての状況を述べ, 最後に津波高潮による自動車火災についての考察を述べることにする。

<sup>1</sup> 地震津波防災戦略研究所

<sup>2</sup> 金沢工業大学

## 2. 2018 年 21 号台風と、それによって引き起こされた大阪湾の高潮

### 2.1 台風発生から 9 月 4 日正午の日本列島接近まで

気象庁の速報 (2018) による 2018 年 21 号台風の発生から消滅までの進路は図 1 の通り。台風が発生した 8 月 29 日から上陸前日の 9 月 3 日までは 6 時間ごとの、徳島県に上陸した 4 日以後は 3 時間ごとの位置に小円をプロットしてある。毎日 9 時 (世界時 0 時) の位置は黒円で示してある。8 月 27 日 9 時頃にマーシャル諸島近海で発生した熱帯低気圧は 28 日 9 時、南鳥島近海の北緯 15 度 25 分、東経 157 度 00 分で台風となり、アジア名ジェビ (Jebi, 韓国語でツバメの意味) と命名された。台風は早いペースで発達し 29 日には中心風速 35m/s の暴風域を伴い、同日 15 時には中心気圧が 980hPa の強い勢力の台風となった。30 日 15 時には中心気圧は 950hPa まで低下して非常に強い勢力の台風となった。そして西進を続けて 31 日 9 時にはマリアナ諸島サイパン島北方海域に達するころには中心気圧が 915hPa まで低下して、記録的に猛烈な勢力に発達した。このあたりで台風の進路は西から北西に転じた。3 日の 9 時ころには、中心気圧は 940hPa の非常に強い勢力を保ったまま沖縄本島東方約 600km の地点に達した。このあたりで台風は進路を真北に転じ、四国から近畿地方に上陸する見通しとなってきた。

その後も高知県の一部を暴風域に巻き込みながら北上し、非常に強い勢力を保ったまま 4 日 12 時頃徳島県南部に上陸した。上陸時の中心気圧は 950hPa、最大風速は 45m/s で、非常に強い勢力のまま上陸するのは 1993 年の台風 13 号以来 25 年ぶりのことであった。

### 2.2 台風 21 号の日本列島横断

2018 年台風 21 号が四国本土に接近したのは、9 月 4 日の午前 11 時過ぎであった。このころ、中心気圧は依然として 950hPa の非常に強い勢力を保っており、中心付近の最大

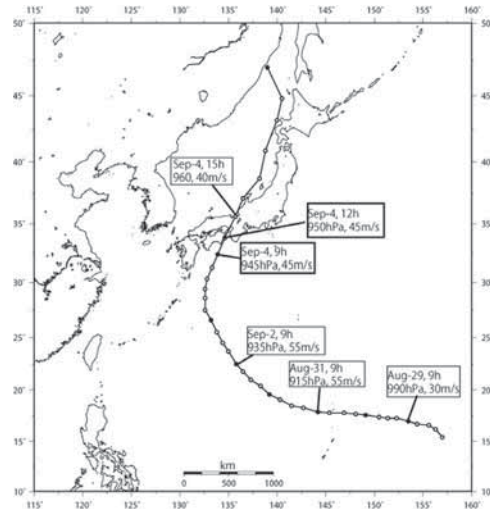


図 1 台風 21 号の発生から日本列島横断、北上消滅までの経路

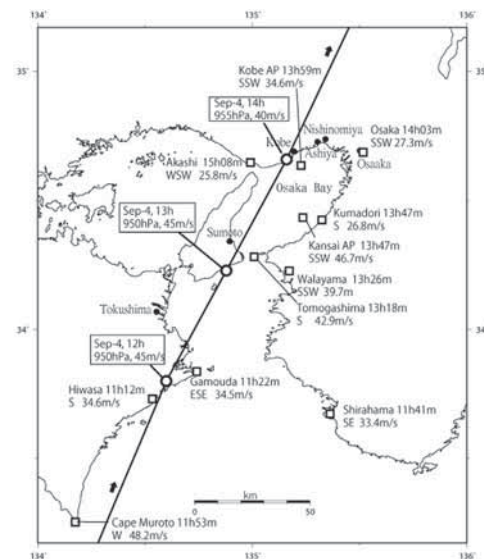


図 2 2018 年 21 号台風の徳島県南部接近後、阪神地方を横断北上し終わるまでの経路 (太実線)

風速は 45m/秒であった。

注:本稿で「風速」というときには常に「10 分間平均風速」を意味する。「瞬間最大風速」は、偶発的な要素が大きく、統計量として安定しない。「瞬間最大風速」は「10 分間平均風速」の 20%~40% ほど大きな値となるのが普通である。

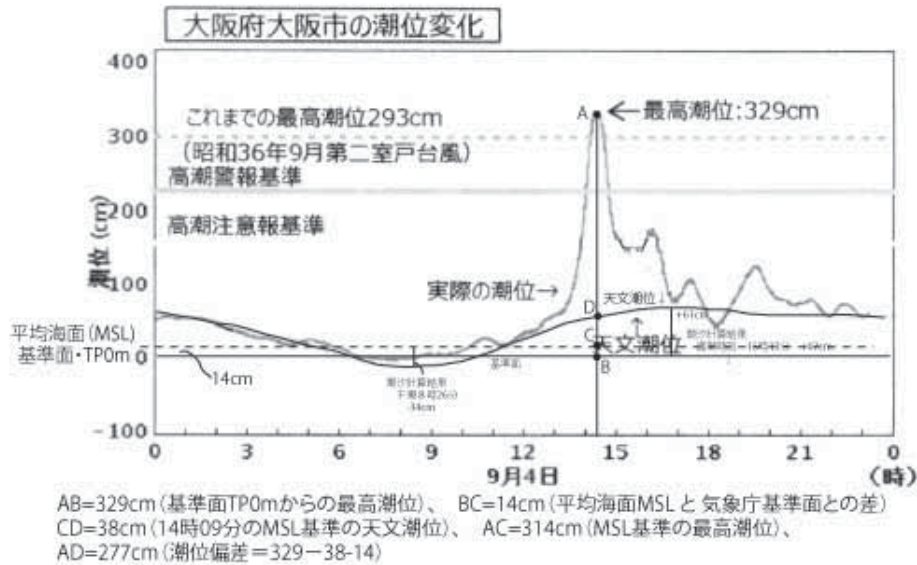


図3 2018年9月4日の大阪港の水位記録（大阪管区気象台，2018，による）平均海面MSL（水平破線）は天文潮汐計算に基づき筆者が加筆したもの。天文潮位計算プログラム作製には中野（1940）を参照した。

台風21号は4日12時ごろ、徳島県南部海岸にいったん上陸した（図2参照）。その後北北東に時速50kmほどの速度で進行し続け、紀伊水道から大阪湾の海域を進行して、14時ごろ神戸市で再上陸した。図2の口印の地点は、風速が観測されていた地点であるが、関西空港では13時47分に風速46.7m/秒が観測されている。さらに、神戸市の沖合の神戸空港島でも13時59分の台風最接近時に34.6/秒が観測されている。また、大阪湾の南の入り口にあたる友ヶ島でも13時18分に42.9m/秒の強風が観測されていることから考えて、台風の最接近時には、大阪湾の海面では全体として平均40m/秒の風が吹いていたと推定される。その風向は、ほぼ南南西であって、「台風進路に対して右の半円が強風域となり、その風向きは台風の進行方向にほぼ平行に吹く」という台風の風の分布の基本原則に従った風が吹いていたことになる。これに対して、室戸岬や明石など、台風進路の左半円に当たる場所では、さほど強風とはならず、しかも最大風の発生時刻は最接近時刻とはかなりのずれがあることが注目さ

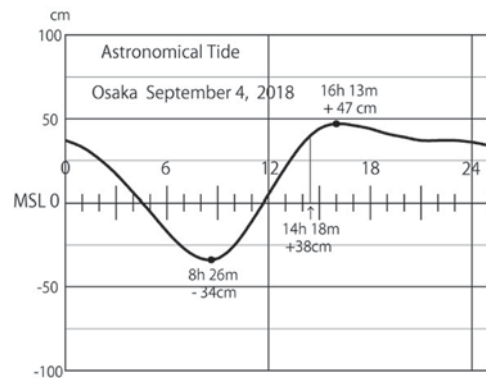


図4 計算で求めた2018年9月4日の大阪の天文潮汐

注：MSLとTP0mの差は、筆者らが中野（1940）の『潮汐学』の記載に従って作成したプログラムによって、天文潮汐を計算した結果と、大阪管区気象台の潮位変化図に記載された天文潮位曲線のズレから読み取られたものである。TP0mは国土地理院による地図の基準標高（TP）を表す。両者が一致しないのは、今の場合主として、大阪湾の海水の密度が平均海水のそれよりやや小さいことに由来していると考えられる。

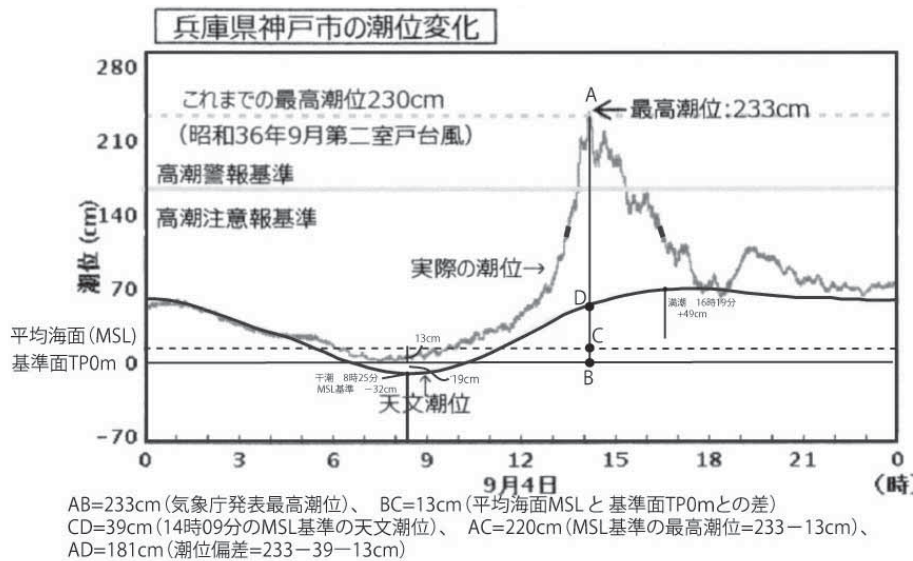


図 5 2018 年 9 月 4 日の大阪港の水位記録 (大阪管区気象台, 2018, による) 平均海面 MSL (破線) は筆者が加筆したもの

れる。この風が吹いた結果、大阪湾の海水は、風の吹いた方向の行き止まりの海岸に相当する、大阪市、西宮市、神戸市の海岸に大きな高潮が発生したのである。

## 2.3 大阪湾に発生した高潮

### 2.3.1 大阪市の潮位記録の分析

大阪管区気象台 (2018) の「平成 30 年台風第 21 号の気象・海象の状況について」によると、台風 21 号の接近した 2018 年 9 月 4 日の 24 時間の大阪市の潮位変化は図 3 に示す通りである。この図から、最高潮位の示現時刻は、14 時 18 分であって、その潮位の高さは TP (東京湾平均海面, 地図基準) 基準面で +329cm であった。この数値は、第二室戸台風 (1961) のときの +293cm を 36cm 上回っている。2018 年 21 号台風は、まさに 1 世紀で 1, 2 度しか起きない最大高潮による水位上昇をもたらしたことになる。

ひとつ注意すべきことは、この数値は、高潮が起きたことによる正味の水位上昇値 (潮位偏差という) ではないことである。この値は、高潮による正味の水位上昇量 (潮位偏差) と、この時刻の天文潮汐による水位上昇量の和になっている。この日の大阪の天文潮位の

変化は計算で求めることができ、その結果は図 4 に示すとおりである。この日は、干潮時刻は 8 時 26 分であって、この時平均海面 (MSL) より 34cm 天文潮位は下がっていた。満潮時刻は 16 時 13 分であって、この時には天文潮位は MSL より 47cm 高い位置にあった。

今回の高潮による最高潮位を迎えた 9 月 4 日の 14 時 18 分は、運の悪いことに満潮時刻に近く、天文潮位は MSL より 38cm 上昇した時刻であった。大阪市検潮所では、平均海面 (MSL) 基準面は、TP 基準面より 14cm 上方にあることが判明している (図 3 の注記参照)、この時の天文潮位を TP 基準面で書くと、52cm (= 38+14cm) となる。高潮による正味の水位上昇量 (潮位偏差) は、上述の 3.29m から 52cm を引いた、2.77m と計算される。大阪管区気象台の報告でも潮位偏差としてこの数値が記載されている。

### 2.3.2 神戸市の潮位変化記録の分析

図 5 は神戸市中央区にある気象庁神戸検潮所による潮位記録である。筆者による天文潮汐計算結果と比較した結果、ここでも基準面 (TP0m) と、真の平均海面 (MSL, 図中で



は水平にひかれた破線の位置)との間に13cmの差があることが判明した。MSLの方がTP基準面の13cm上にあるのである。

神戸での最高潮位は14時09分に観測された233cmとされているが、これは基準面から測った高さであって、MSLから測った高さでは21cmを減じて、212cmというべきである。さらに最高潮位を記録した14時09分の天文潮位(MSL基準)39cmを差し引いた181cmが高潮による正味の水位上昇量(偏差)となる。

### 2.3.3 大阪湾、および紀伊水道沿岸の最高潮位と潮位偏差

大阪湾と紀伊水道沿岸にある各検潮観測点での、最大潮位、潮位偏差、およびそれらの示現時刻を図6に示す。大阪湾内では、台風進路右半円の強風が打ち付ける形となった大阪市で最大の潮位偏差となった。大阪市での潮位偏差2.77mは、昭和25年(1950)のジェーン台風ときの2.37m、昭和36年(1961)の第二室戸台風の2.45mの記録を超え、昭和9年(1934)の室戸台風ときの2.92mに匹敵する数値である。この結果、大阪市は2018年21号台風によって、100年に1~2度しか生ずることのない高潮に襲われたと言うことになる。

ところが、大阪市内では、家屋、人的被害とも、ほとんど損失を生じなかった。また自動車火災も1件も生じなかった(大阪市津波・高潮ステーション職員の回答)。台風の接近を迎えてあらかじめ高潮の発生が予告され、3基のアーチ形防潮水門が締め切られて、市街地が高潮が侵入することから未然に防がれたからである。

台風の進行方向右半円の強風が打ち付けた大阪湾北岸の大阪市、および神戸市では、最高潮位と潮位偏差は、ともにほぼ台風接近時に示現している。これに対して大阪湾内の南岸に位置する洲本、および淡輪では、潮位偏差はともに1.24mにとどまり、しかも、示現時刻は15時すぎであって、台風は大阪湾を通り過ぎて1時間近く経過したころになって

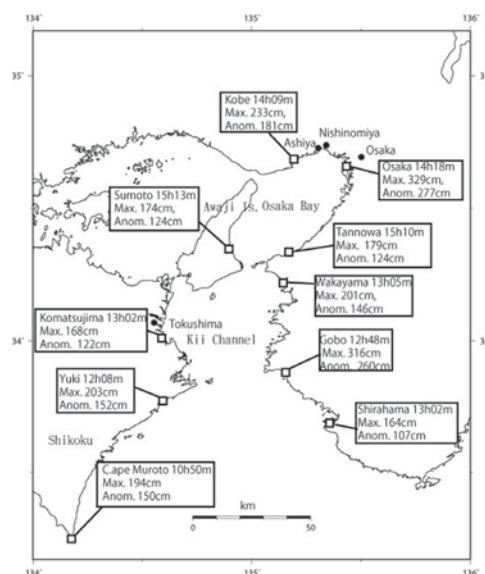


図6 大阪湾、および紀伊水道沿岸の検潮観測点での最大潮位と潮海岸では位偏差、およびそれらの示現時刻

いる。大阪湾の南岸は、風が沖に向かって吹き出す場所に当たっており、台風最接近の最大強風時には、風はむしろ水位を低下する傾向をもたらしたものと考えられる。台風接近時刻から1時間以上過ぎてからの最大潮位偏差の示現は、大阪湾に生じた固有振動による、湾の北岸からの反射波の到達によって生じたものであろう。

いささか注意を要するのは、紀伊水道外部に位置する、和歌山県御坊、および徳島県美波町由岐での最大潮位と潮位偏差の大きさである。とくに御坊市は最大潮位が316cm、潮位偏差が260cmと大阪に匹敵する大きな値となっている(図6)。大阪は、浅い大阪湾の海域での風の吹き寄せによる海水堆積効果である程度は説明できようが、すぐ前の海が深くなる御坊や由岐ではこの効果はさほど大きくは現れないはずである。海水堆積ではなくほかの理由でこれらの地点で潮位偏差が大きくなったと考えられるのである。実は津波の数値計算を行っても、御坊や由岐では津波のエネルギーが集中してくる点に当たっている(都司, 2018)。このような海岸では、たとえ内湾ではなく外洋に面した海岸でも高潮

を生ずる可能性があるのであろう。その理論的な論証は今後の研究に期待したい。

### 3. 西宮市および神戸市の自動車火災

#### 3.1 西宮市, および神戸市での自動車火災の概況

「神戸新聞」の9月4日から6日までの記事, および, 西ノ宮市, 神戸市の消防局でお教えいただいた自動車火災の様子を述べることにする。

今回の台風では西宮市内で合計 199 台の自動車が焼失したが, そのうち 198 台は, 人工島である甲子園浜一丁目の中古車販売展示場で生じたものであった。他の一台は鳴尾浜の住宅街の中で生じたものである。神戸市内では合計 44 台の自動車火災が生じた。

#### 3.2 神戸市内の自動車火災

神戸市内では, 六甲アイランドの土地のほぼ全域が「膝ぐらいまで」浸水した(『神戸新聞』, 9月5日記事)神戸市消防局の話によると, 4日に高潮来襲中から火災が発生し始めた。件数としてはこれが一番多かったが, 高潮が去った後も断続的に自動車火災の発生があった。4日中には7件の高潮来襲中かその直後の出火があり, 類焼を含めて4日中には21台の自動車焼失があった。高潮の影響が全くなくなった5日にも, 海水による浸水を受けた自動車の中に出火するものがあった。なかには, 浸水を経験して, 自動車の所有者がエンジンを掛け, 走行中に出火を生じたケースもあった。

六甲アイランドの南側, 西側海岸線にそってコンテナターミナルがあり, その中に駐車していた車が発火したという。これらのコンテナターミナルの標高は1.8~2.9m程度で, 神戸検潮所で観測された神戸の最高潮位2.33m (TP)の標高までこのターミナルでも浸水していたとしたら, 地上50cmの浸水で発火したことになるが, 「膝まで浸水」とすると, 地上70cmまでの浸水で火災を生じたことになる。自動車火災はこの程度の地上冠水深で



図7 西宮市, および神戸市での自動車火災の発生場所と焼失車両数

発生したのである。

高潮が去って24時間以上経過して, エンジンまでかけられて走行中に火災を生じた事例は火災の発生機構に考察材料を提起する。例えば, バッテリーの端子部分がどっぷり海水が漬かったのではなく, 配線などに電気系統の一部に海水が漬かり, その時にはショートには至らなかったが, 乾燥して塩分が結晶化して電気回路の抵抗器やコンデンサ部分, エンジンの点火プラグ部分などに食塩が付着してショートを生じ, 火災が発生したことになるであろう。

#### 3.3 西宮市甲子園浜一丁目人口島上の中古車販売展示場の自動車火災

西宮市には検潮所はなく直接には最高潮位の値は計測されていないが, 大阪で3.29m, 神戸で2.33mであれば, そのちょうど中間点付近に位置する西宮市の海岸では, 高潮の最大浸水高さ (TPによる標高)は, この両数字の平均の2.8mほどであったと推定される。

神戸新聞の9月5日号および6日号の記事, および筆者が西宮消防局を訪問して伺った話によると, 甲子園浜一丁目(全域が人口島, 図8)で, 島の西側にある中古車販売会社の中古車展示場にあった自動車が, 高潮の



図8 西宮市甲子園浜一丁目人工島の中古車展示場での自動車火災  
破線長方形部分に自動車駐車してあった。海側の標高は2.0~2.2m。山側の標高は3.5mほどである。海水はこの展示場駐車場の海側から2/3あたりの範囲まで浸水し、一番海側の車両は0.8m~1.0mの高さまで浸水したようである。

来襲中、および高潮が去った4日中に集中的に火災があった。焼失した全198台の自動車のうち大部分は4日の火災によるものであった。その後の翌5日から6日にかけても、断続的に発火が続いた。最終的には6日の15時30分に、ここで生じたすべての火災が鎮火した。ここで火災を受けた自動車の総台数は198台であったが、そのうち、発火源となった自動車は少なく、大部分が他の自動車からの類焼によるものであった。

この人工島の詳細図を図8として示す。図において、破線の長方形で囲った部分が多数の中古車が駐車していた場所である。その駐車列の海側の標高は2.0~2.2m程度で、山側の標高は3.5m程度である。朝日新聞社のヘリコプターから筋骨健太氏がこの家財現場の様子を上空から撮影している（朝日新聞社、

2018）。その映像には、赤色のボックス（ビール瓶のケースか？）の様なものが大量に浮遊してきていて浸水限界線の位置に列をなして駐車場斜面の上に置き去られていた。このため、このボックスの列をたどれば、緩い傾斜のある駐車場の浸水限界線を明瞭に読み取ることができる。その結果標高3.0mあたりまで浸水していたと読み取ることができた。最大潮位は3.0m程であったことになる。そうすると、もっとも海側に駐車していた車は、地上80cmから1.0mほどの浸水をしたことになり、このような車両から発火が始まったと見ることができる。

ここでは、高潮の被災した自動車は、1台も高潮が去ったあとエンジンを起動していないという。しかしここでも、高潮が終わって1~2日経過してから発火した車が少数ながらあったことに注意すべきであろう。

#### 4. 2018年7月豪雨による倉敷市真備町の洪水に伴う自動車の浸水

2018年7月には連日の豪雨によって岡山県倉敷市真備町の平野部のほぼ全域が浸水した。浸水はほぼ標高5.0mの高さまで及んだ。この中に病院や市役所出張所などの施設があり、各施設の周囲には駐車場が付属しており、多数の自動車が浸水した。中には屋根を超えて浸水した自動車も多数あった。倉敷市消防局を訪問したところ、浸水した自動車の中に火災を発生したものは1台もなかった、という。やはり、真水に浸水したのでは自動車からは火災は生じないのである。

#### 5. 考察

2011年の東日本震災の津波によって、多数の自動車火災が発生した。自動車の火災もまた津波による被害発生の一形態である。2018年9月4日の台風21号に伴う高潮による西宮市、神戸市の239台の火災焼失も津波火災を考察するうえでの貴重な事例の一つとなった。そうして同年7月、洪水による多数

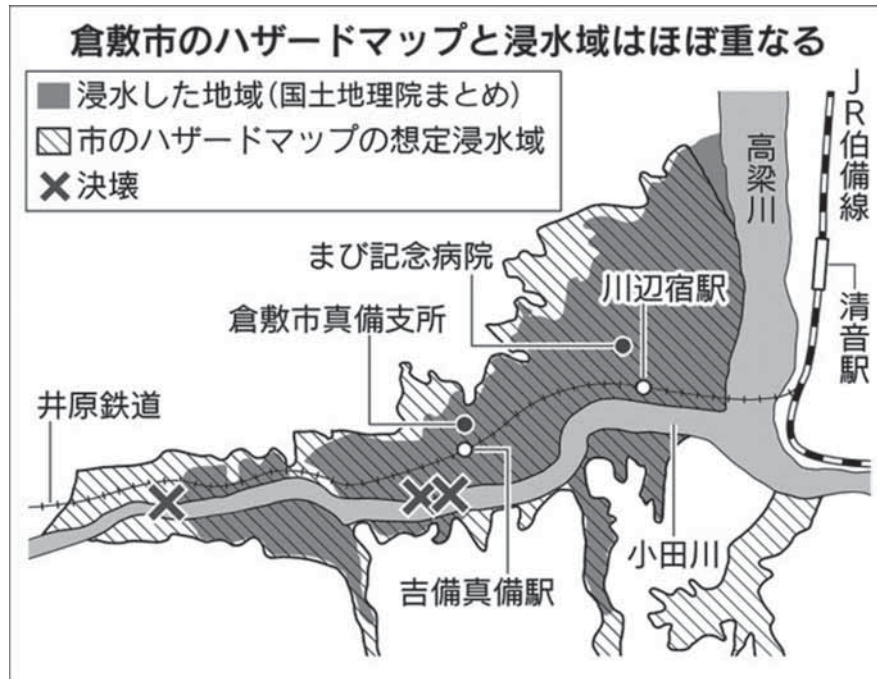


図9 2018年7月洪水による岡山県倉敷市真備町の浸水域 まび記念病院、倉敷市真備支所が浸水域の中に入っていることに注意（倉敷市消防局提供，日本経済新聞2018年7月11日号に転載）

の自動車の浸水が倉敷市真備町で発生した。こちらの方には多数の自動車が浸水したにもかかわらず、一件の火災も生じなかった。海水が浸水すれば、たとえ地上60cm程度の浸水でも自動車火災が発生する可能性がある。淡水であれば火災は発生しない。これが本研究で得られた単純な結論であるが、この単純な事実が、次の東海地震・南海地震の防災を考察するうえでの、新たな対象として付け加えるべきことを指摘して筆をおくことにする。

## 6. 謝辞

この研究を進めるにあたり、西宮市消防局、神戸市消防局、倉敷市消防局の各位には、自動車発火に関する貴重なデータを御提供いただいた。感謝を申し上げたい。

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）」の一環としておこなわれたもの

である。

## 参考文献

- 朝日新聞社，2018，<https://www.asahi.com/articles/photo/AS20180904004496.html>
- 気象庁，2018年9月11日，台風21号による暴風・高潮等（速報），pp9
- 中野猿人，1940，『潮汐学』，古今書院，pp528
- 日本経済新聞，2018，「危険地図」生かせず 浸水区域は“想定内”倉敷・真備町，2018/7/11，<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO32872140R10C18A7CC1000/>
- 大阪管区气象台，2018，平成30年台風21号の気象・海象の状況について，pp9
- 都司嘉宣・増田達男，2018，2011年東日本震災の津波火災の発生条件，津波工学研究報告，35，41-74
- 都司嘉宣，2018，津波研究上に生じた10個の謎，深田地質研究所年報，81-104