

季刊

消防防災の科学

春
2020

特集

令和元年 台風15号・19号(1)

140

一般財団法人 消防防災科学センター

この季刊誌は、宝くじの社会貢献広報事業として助成を受け作成されたものです。



令和元年房総半島台風（台風15号）強風災害



強風により倒壊した電柱
写真提供：千葉県山武市



強風により校舎の屋根が落下した鳴浜小学校
写真提供：千葉県山武市

令和元年東日本台風（台風19号）豪雨災害



豪雨により冠水した栃木地域中心部
写真提供：栃木県栃木市



大きく折れ曲がった皆川地区の橋
写真提供：栃木県栃木市

巻頭随想

東日本大震災での津波被害の経験と教訓を伝承していく

東北大学災害科学国際研究所 所長・教授 今村 文彦 4

特集 令和元年台風15号・19号 (1)

- 1 令和元年の房総半島台風（台風15号）と東日本台風（台風19号）
気象予報士（元気象庁） 饒村 曜 8
- 2 令和元年度台風第19号がもたらした降雨の特徴とそれを踏まえた今後の治水計画の展開
中央大学 理工学部 教授 山田 正 16
- 3 台風15号による電力被害状況と復旧の課題等
東海国立大学機構 名古屋大学 減災連携研究センターエネルギー防災寄付研究部門 特任准教授 都築 充雄 22
- 4 2019年台風15号（Faxai）による沿岸災害の概要
横浜国立大学 鈴木 崇之 27
- 5 台風19号による洪水被害
東京理科大学理工学部土木工学科 教授 二瓶 泰雄 33
- 6 2019年台風19号等による犠牲者はどのような場所で発生したか
静岡大学防災総合センター 牛山 素行 40
- 7 令和元年台風15号による強風被害 ―風速60 m/sの世界でどのようにして身を守るか―
防衛大学校地球海洋学科 教授 小林 文明 45

■コラム

令和元年台風15号（房総半島台風）への千葉県の対応と課題

東京経済大学名誉教授 吉井 博明 49

■連載講座

連載（第46回）

忠誠心には消防責任も ―徳川光圀― …………… 作家 童門 冬二 54

地域防災実戦ノウハウ（103）― 2019年台風15号、19号災害の教訓・課題（その2）― …………… 日野 宗門 56

火災原因調査シリーズ（97）

漏電による出火について

千葉市消防局予防課 61

編集後記 …………… 73

カラーグラビア

令和元年房総半島台風（台風15号）強風災害

千葉県山武市

令和元年東日本台風（台風19号）豪雨災害

栃木県栃木市

東日本大震災での津波被害の経験と教訓を伝承していく

東北大学災害科学国際研究所

所長・教授 今村文彦

9年を迎えて

巨大津波を伴い広域に甚大で複合的な被害を出した東日本大震災から9年を迎えました。3月11日には各地で追悼の会が企画されましたが、新型コロナウイルス対策のために例年よりも少数で静かに鎮魂と将来への防災の思いを新た致しました。当時は、まだ春には早く寒さが残る東北地方を中心に、3分以上も揺れ続けた巨大地震が発生し、伴って生じた津波が各地に襲いました。津波常襲地域と言われる三陸海岸を含む東北地方太平洋沖沿岸では、想定を上回る複合的な災害を受けて、当時の津波対策である防災施設や警報と避難の課題などが整理・検証され、この悲劇を繰り返さないため現在まで様々な津波対策が検討・実施されています。これらは、事前対策の強化と発生後のリスク回避体制、そして回復力を高める取組に整理できると考えます。その代表が2段階津波レベルの設定であり、津波総合対策（ハード・ソフト対策）の中でそれぞれの役割整理が出来たかと思っております。これらの考えは、南海トラフなどの今後の地震津波対策に活かされ、特に事前復興の計画の中で実践されて行かなければなりません。ここでは、東日本大震災での津波被害実態とそれを後世に伝承する活動について、紹介させていただきます。

2011東日本大震災の発生と被害

東北地方太平洋沖地震の震源は宮城県沖であり、過去に繰り返し発生しており、地震の発生確率が非常に高く、地震や津波の被害想定も出されていましたが、その規模は大きく違っていました。三陸沿岸で観測された第1段階の津波は、1m程度の波高で周期が1時間程度（長周期成分）でありましたが、第2段階の津波は3m以上、周期が10分以下（短周期成分）であり、多段階で発生した津波が記録されました。「超大すべり」と言われる断層が生じたかと推定され、今後の予測や評価に大きな示唆を与えました。発生した津波の来襲範囲は500kmを遥かに超え、太平洋沿岸にも影響を与えました。

沿岸各地では、津波の映像がカメラやビデオに残され、その姿は我々の想像を超えていました。多くの沿岸の住民からも「まさか」という言葉がまず出ていました。巨大津波は、船舶や車などの漂流物を含み、泥や砂を巻き上げ、思わぬ方向から襲ってきました。

復旧と復興の中で

当時、被災地復旧の中では、施設設計（防潮堤等の配置や高さ）において安全と環境・景観との調和のあり方、地域での合意形成の進め方など課題は残されたものの、迅速な事業実施の原動力に

なりました。なお、今後はレベル1の設計だけでなくその整備（施設防護）をいつ・どのような段階で実施していくかを議論しなければなりません。なぜならば、決められた事業期間の中で多くの拘束・制約があり、また、甚大な被災を目の当たりにした直後とその後の経過の中で国民感情や防災や安全の意識変化があったからです。そのため、現在各地（未災地）で検討されている事前復興計画を作成することが大変に重要になっています。

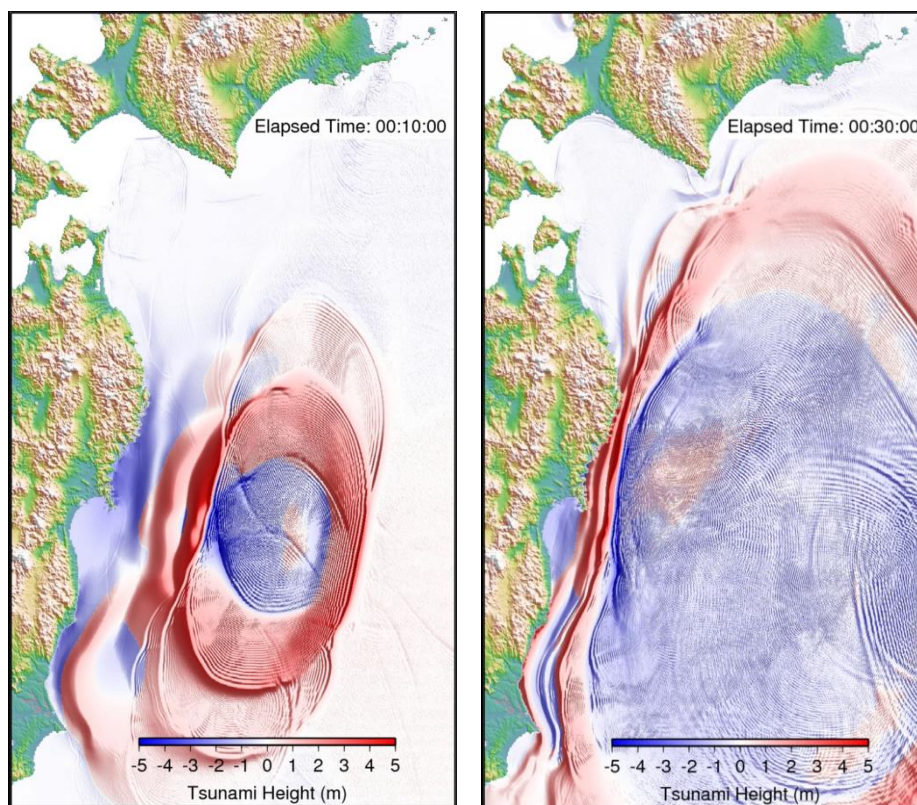
今後も想定を上回る津波（レベル2に相当）の発生は考えられ、その対応として過去事例に限定しない確率的な評価の導入（今年1月に地震調査委員会（2020）から南海トラフでの評価結果も発表されましたが）、リアルタイムでの津波観測による監視、高精度予測や避難体制の充実が挙げられます。いずれも、不確定性を常に持つ自然災害に対して、柔軟性を持ち、状況を踏まえた臨機応変な判断と行動を支援するための取組です。防災における自助・共助への強化になりますが、あく

まで主体は個人や地域であり、自主的な取組が不可欠であることは言うまでもありません。

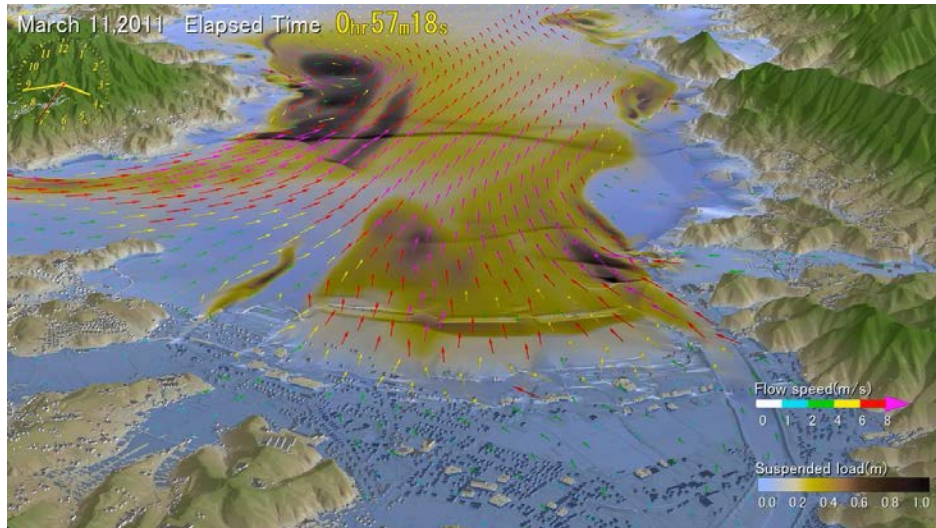
都市化の中での新たな津波像

震災から9年経つ中で、当時の新たな津波像も明らかにされつつあります。巨大で破壊力を持った津波のメカニズム（多段階の発生）、2日以上継続した伝播過程、都市型と言われる黒い津波や逆流する津波、市街地での縮流・合流、津波火災、などです。従来では経験の少ない姿でありますので、その実態を踏まえたハザードマップ作成や避難のあり方、復旧・復興のあり方を模索する必要があります。以下、河川津波について紹介いたします（今村、2020）

海底での地震により発生した津波は、沖合から沿岸域・海岸へと向かってくるのが一般的な常識ですが、場所によっては内陸部から津波が襲ってきました。イメージし難いと思いますが、沿岸か



図－1 地震発生後の津波伝播の様子



図ー２ 強い引き波で土砂が移動している様子（陸前高田市）

ら来襲した津波は、まずに海域と繋がっている河川を遡上します。河口から浸入した津波は河川沿いに伝わっていきますが、途中で河川堤防の決壊やその高さを超えて越流する場合には、そこから市街地・平地に氾濫するために、内陸部から津波が襲ってくることとなります。これら一連の津波を「河川津波」と呼びます。河川が蛇行している場合などは、遡上に伴って回り込み、ある地点から堤防などを越えて市街地へ浸入してきます。この地点での予測は難しく、堤防を越えたり決壊する場合だけでなく、その河川につながる小河川や下水道を通じてマンホールからの逆流もあり、津波が思わぬ場所や方向から浸入してくることになります。

経験と教訓を伝承していく

被災地では、震災遺構、伝承施設などが整備されつつありますので是非に訪問・視察し、現場で当時の実態と地域・住民の経験を知って頂き、共に教訓を伝えるいくことが、今後の取組の大きなヒントになるはずです。東日本での被災地にある震災伝承施設は、複数の県にまたがる広大なエリアに数多く点在し、これらの情報を集めて限られた時間で巡ることは容易なことではありません。

そのため、目的や時間に応じて効率的に施設を訪問や視察できるように、伝承施設情報を分類整理して提供し、案内マップや標識を設置しネットワーク化することが必要であります。

この中、昨年8月に『3.11伝承ロード推進機構』が発足いたしました。東日本大震災の教訓を学ぶため、震災伝承施設のネットワークを活用して、防災に関する様々な取り組みや事業を行う活動を目指しています。被災の実態や教訓を学ぶための遺構や展示施設が数多くあり、その施設を「震災伝承ネットワーク協議会」が「震災伝承施設」として登録し、マップや案内標識の整備などによりネットワーク化を図っているのです。その施設やネットワークを基盤にして、防災や減災、津波などに関する「学び」や「備え」に関する様々な取り組みや事業をこの推進機構が中核となり実施していきたいと思っています。

広域で複合的な大災害となった東日本大震災の被災状況や体験、当時の緊急対応、そして現在も続いている復旧・復興の活動を、国内外に伝え後世に残していく事は非常に大切である。今後も増え続ける災害に対応するためには、東日本大震災での教訓を整理し、伝承することが不可欠であり、実際の各被災地での活動を現場で残していく震災遺構や伝承施設の役割は大変に大きいと考えます。

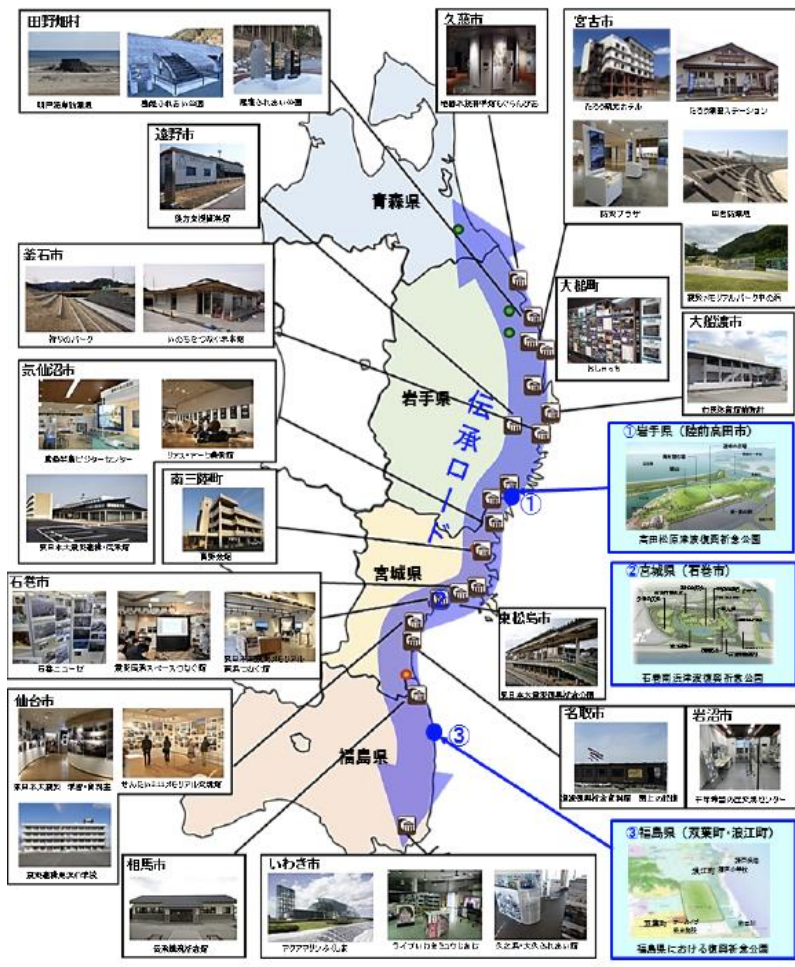


図-3 3.11伝承ロードのパンフレット

参考文献

地震調査委員会津波評価部会 (2020), 南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価
https://www.jishin.go.jp/evaluation/tsunami_evaluation/

今村文彦, 逆流する津波—河川津波のメカニズム・脅威と防災—, 成山堂書店, 2020年3月

3.11伝承ロード推進機構, <http://www.311densyo.or.jp>

□ 令和元年の房総半島台風（台風15号）と 東日本台風（台風19号）

気象予報士（元気象庁） 饒 村 曜

1 はじめに

気象庁では、後世に経験や教訓を伝えるために、台風や豪雨、地震、火山などの自然現象に名前をつけている。豪雨では「平成30年7月豪雨」など近年は1～2年に1回の命名であるが、台風の命名はこれまで少なかった。令和元年の台風15号については「令和元年房総半島台風」、台風19号については「令和元年東日本台風」と命名したのは、昭和52年に台風9号を「沖永良部台風」と命名して以来、43年ぶりの9回目、10回目である（表1）。それだけ、令和元年の2つの台風は顕著であった。

雨による被害が比較的小さく、風による被害

表1 気象庁が名称を定めた台風一覧

	名称	台風番号
1	洞爺丸台風	昭和29年台風15号
2	狩野川台風	昭和33年台風22号
3	宮古島台風	昭和34年台風14号
4	伊勢湾台風	昭和34年台風15号
5	第2室戸台風	昭和36年台風18号
6	第2宮古島台風	昭和41年台風18号
7	第3宮古島台風	昭和43年台風16号
8	沖永良部台風	昭和52年台風9号
9	房総半島台風	令和元年台風15号
10	東日本台風	令和元年台風19号

が大きい台風を「風台風」、雨による被害が大きい台風を「雨台風」というが、厳密な定義はなく、便宜的に使われている用語である。風台風は夏期に多く、雨台風は梅雨期や秋雨期に多いと言われているが、台風が接近している段階では、どちらの台風かはわからないのが普通である。しかし、令和元年の台風15号は典型的な風台風、台風19号は典型的な雨台風と、ともに接近前から、ある程度の判断ができたという意味でも顕著な台風であった。

2 令和元年の台風15号(房総半島台風)

(1) 東京湾の奥に上陸

令和元年の台風15号は、9月5日15時に南鳥島近海で発生し、北西進しながら発達し、小笠原近海で強い台風となっている。その後、小笠原近海で向きを北に変え、伊豆諸島に接近した8日21時には、さらに発達して、中心気圧955hpa、最大風速45m/sの非常に強い台風となり、9日5時前に千葉市付近に上陸した（図1）。台風15号の進路予報は、予報円の真ん中をほぼ通って北上しており、ほぼ正確であったといえる。

気象庁が発表した上陸時の台風情報では、中心気圧960hPa、最大風速が毎秒40m/s、最大瞬間風速60m/sであった。関東地方に上陸した台風のうち、昭和26年以降で中心気圧が一番低かったのが、

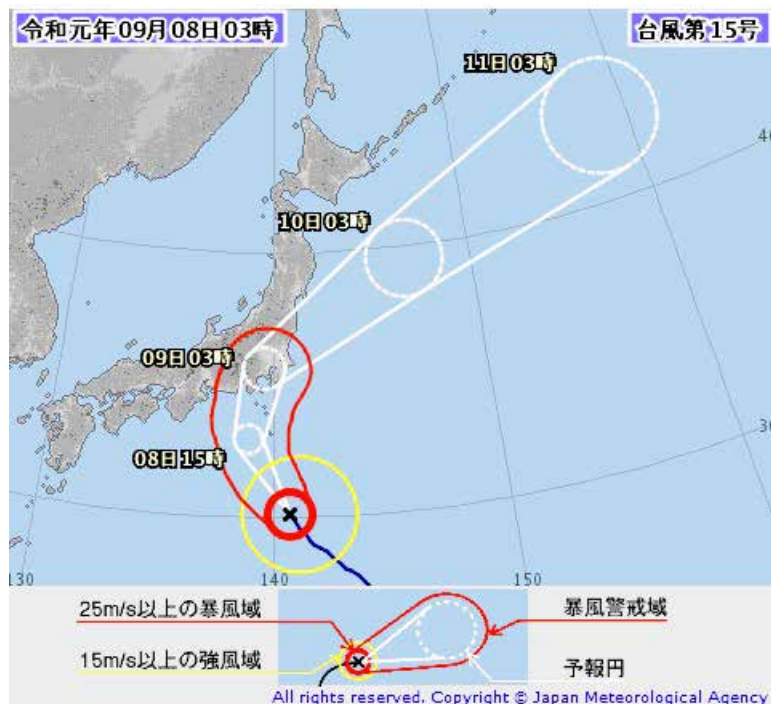


図1 台風15号の進路予報（9月8日3時の予報）

平成14年に神奈川県川崎市付近に上陸した台風21号と、昭和33年に神奈川県三浦半島に上陸した台風21号の中心気圧960hPaであり、令和元年の台風15号は、関東上陸台風での中心気圧が低いほうの1位タイになる。ただ、上陸台風の記録は、神奈川県上陸か、千葉県でも房総半島に上陸したときに出ているので、東京湾の一番奥に上陸する台風としては、史上最強といえそうである。

この記録的に強い台風15号により、最大瞬間風速（最大風速）は、千葉市中央区で57.5m/s（35.9m/s）、東京都神津島空港で58.1m/s（43.4m/s）、羽田空港で43.2m/s（32.4m/s）、横浜市中区で41.8m/s（23.4m/s）という、記録的な暴風を観測した。千葉県では暴風により送電線の鉄塔が多数倒壊し、大規模停電が長期にわたっている。1都6県では一時93万軒が停電したが、このうち千葉県では64万軒が停電している。しかも、千葉県では2週間たっても2300軒の停電が復旧しなかったために、長期間の断水やバッテリーが常備されていた防災行政無でもバッテリー切れで使えなくなるという事態も発生し、深刻な影響が長引いている。

また、横浜市でも港の護岸が崩れ、工業団地への高波の浸水被害などが発生した。台風15号による被害は、床上浸水や床下浸水といった浸水被害よりも、住家の全半壊、一部損壊被害が圧倒的に多く、典型的な風台風であった（表2）。

表2 台風15号の被害（令和元年10月31現在、消防庁による）

都 県 名	死者・行方不明者	全半壊・一部破壊	床上浸水・床下浸水
福 島 県		1棟	11棟
茨 城 県		2752棟	
栃 木 県		3棟	
埼 玉 県		15棟	1棟
千 葉 県		5万0951棟	102棟
東 京 都	1名	1733棟	21棟
神 奈 川 県		2096棟	63棟
静 岡 県		41棟	2棟
合 計	1名	5万7592棟	200棟

(2) 昔でいう「豆台風」

台風の中心気圧が低い台風の場合は、大きさが小さいと図2のように気圧傾度が大きくなり、風が非常に強くなる。図2は、令和元年の台風15号と台風19号の風の説明図であるが、後述する台風19号は広い範囲で強い風が吹いているのに対し、台風15号は狭い範囲であるが、極端に強い風が吹く台風であった。

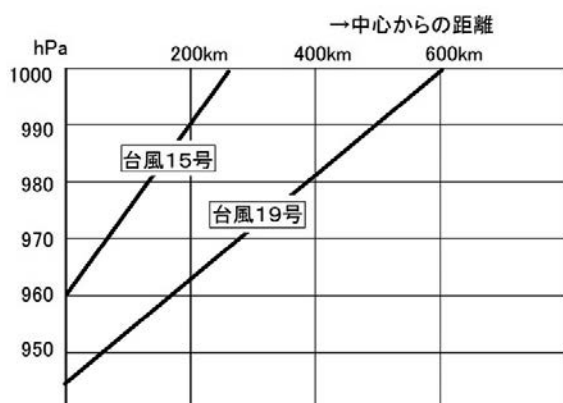


図2 台風15号のような小さな台風は風が強い説明図

気象庁では、安心を与えてしまうなどの理由から、「小型」という言葉は台風情報等で使用を控える用語になっているが、昔は「豆台風」ともいわれ予報官泣かせであった。気象衛星がない時代、豆台風は発見が遅れがちで、台風が襲来し、被害が出てから気がつくということも少なくなかったのである。現在は、気象衛星の登場で、小さい台風（豆台風）であっても、発生初期から正確にとらえることができ不意打ちはないが、小さい台風は、かなり近くにまで接近しないと大荒れにならないので油断しがちであり、「小さい台風は風が弱い台風」と誤解しがちである。

このように油断しがちであることに加え、台風15号は、真夜中の接近であったことから、気象庁が早めに東海から関東南部にかけて、暴風域に入る確率は70%を超えるという予報を出しても、多くの人に危機感は伝わっていなかったのではないかとされている（図3）。



図3 台風15号の暴風域に入る確率の分布

4 令和元年の台風19号（東日本台風）

(1) 衰えずに接近

令和元年10月6日3時にグアム島のあるマリアナ諸島の東海上で発生した台風19号は、西進しながら発達し、7日18時にはマリアナ諸島において大型で猛烈な台風が発達した。1ヶ月前の台風15号が関東地方くらいの雲域だったのに対し、台風19号は東日本から北日本を覆うくらいのかかなり広い雲域の台風である（図4）。雲域が広いと台風による雨の時間が長くなり、総降水量が長くなることから雨に警戒すべき台風である。この台風19号は、その後北西に進路を変え、予報通りに日本へ接近した（図5）。

10月に北上する台風は、日本の南海上の海面水温が真夏より低くなっているため、衰えてから接近することが多いが、令和元年は海面水温が平年より高かった為にあまり衰えず、猛烈な台風で接近した。そして、台風19号の進路予報も台風15号と同様に、ほぼ正確で、予報円の真ん中を進んでいる。

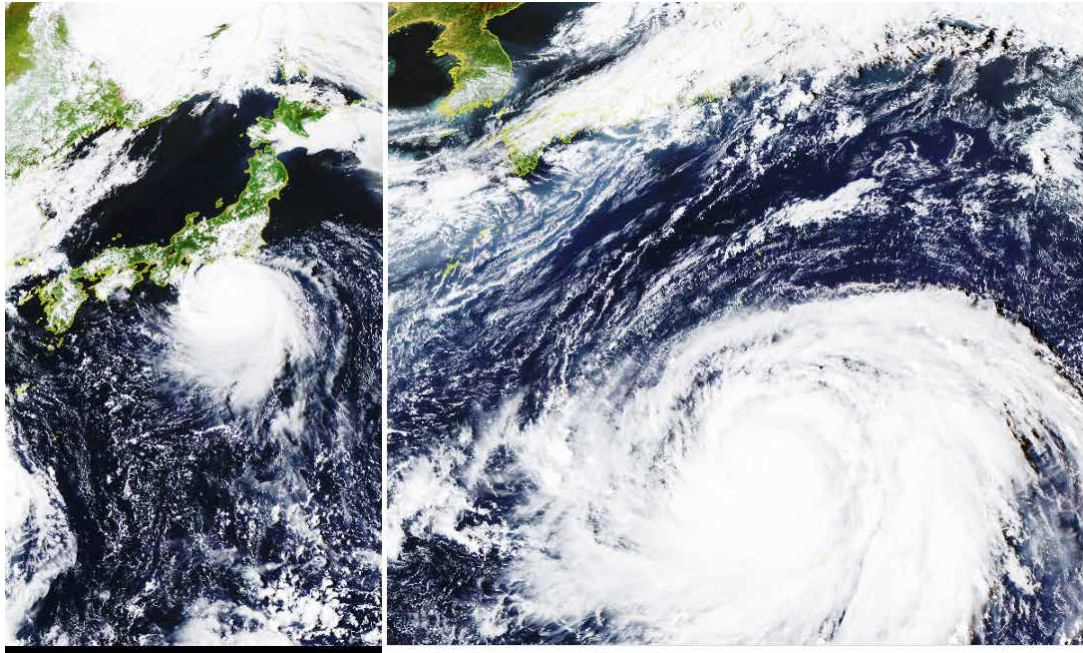


図4 台風15号（9月8日15時）と台風19号（10月8日15時）

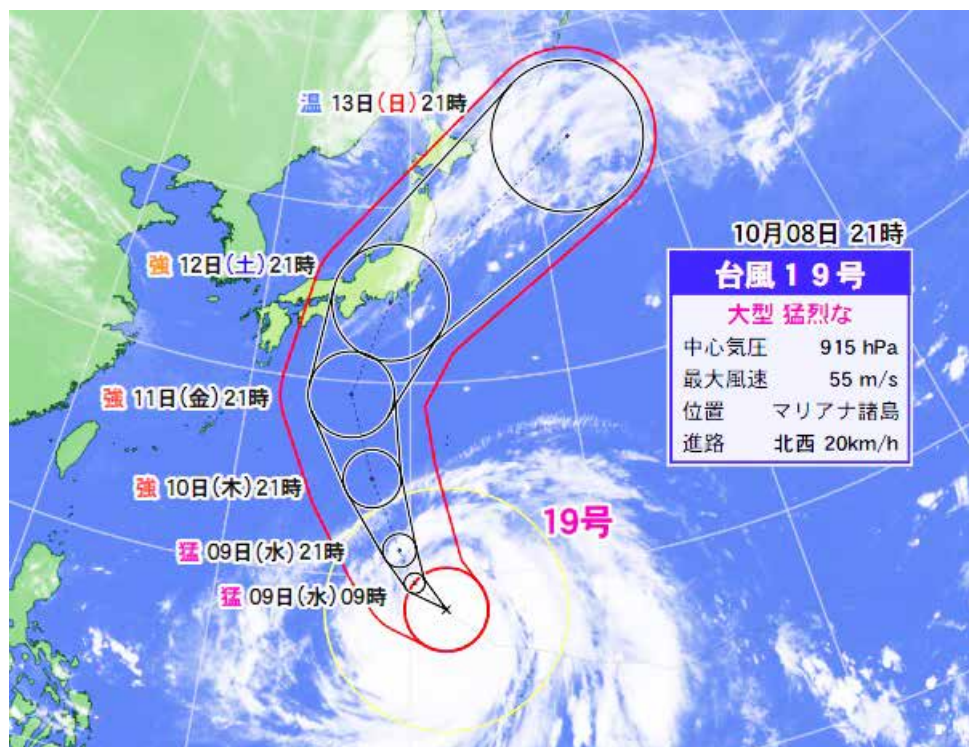


図5 台風19号の進路予報（10月8日21時）

(2) 記録的な大雨

台風19号は、12日17時前に静岡県伊豆半島に若干衰えて上陸したが、それでも非常に強い大型の台風であった。台風の北側に分厚い雨雲が広が

り、この雨雲が台風前面の東よりの風によって伊豆半島から関東地方西部の山地に吹き付けるなどして、東海地方から東北地方まで広い範囲で大雨となっている。11日～13日の降水量は、神奈川県

箱根994.5mm、埼玉県浦山683.5mm、群馬県田代442.5mm、宮城県筆甫607.5mmであった（図6）。神奈川県箱根の12日の降水量922.5mmは、これまでの日本記録であったの高知県魚梁瀬の851.5mm（平成23年7月19日）を上回っている。

台風19号により広い範囲で記録的な暴風や大雨となる恐れがあることから、気象庁では、台風19号がグアム島付近にあった10月8日から4日先の大雨警戒を呼び掛けている。気象庁では、5日先までの警報級の現象がおきる可能性を、早期注意情

報として、「高」「中」の2段階で発表している。台風19号がグアム島付近にあった8日16時54分の早期注意情報では、11日に大雨警報が発表となる可能性はないが、12日になると、西日本から北日本の広い範囲で「高」や「中」を予報している（図7）。また、10日には東海から関東などの都県に大雨特別警報を出す可能性に言及した情報を発表し、昭和34年に伊豆半島から関東地方西部で大雨が降り、伊豆半島を中心に1000名以上が亡くなった狩野川台風に似ているとも発表した。

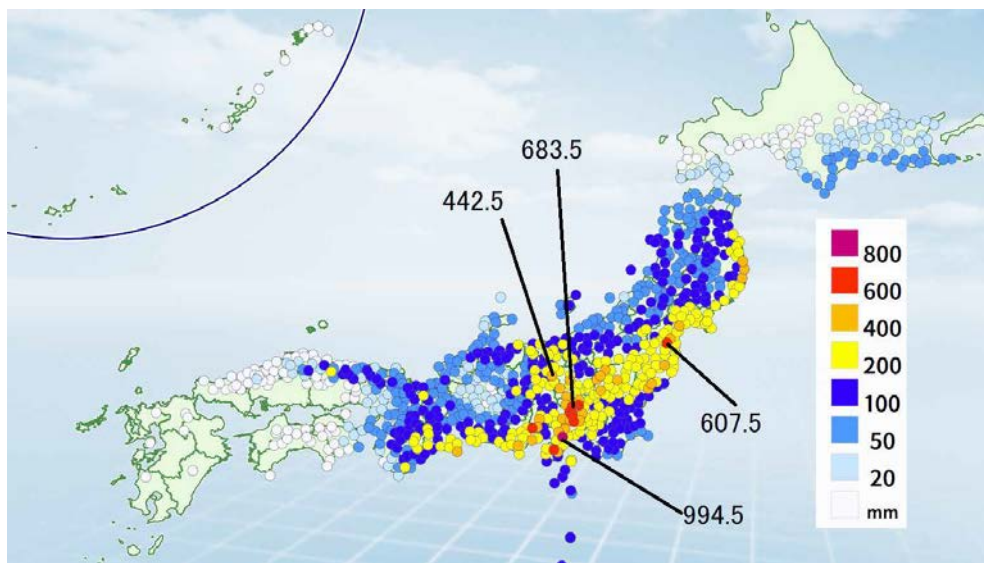


図6 全国の3日間の降水量（11月11日から13日）



図7 大雨警報の可能性（10月12日）

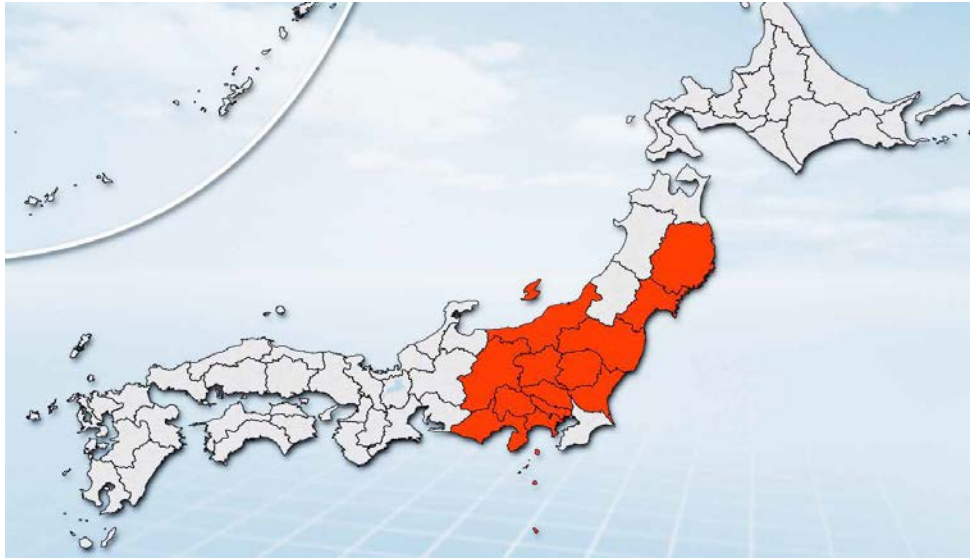


図8 大雨特別警報を発表した13都県

(3) 各地で洪水被害

気象庁の台風情報を受け、首都圏の鉄道各社は12日以降の計画運休に踏み切り、飛行機の欠航等が相次いだ。台風19号が直撃した12日は、東京都の江東5区（墨田・江東・足立・葛飾・江戸川）だけで165万人、21都県では1000万人以上に対し、避難指示や避難勧告が出されている。

気象庁は、12日15時32分に東京都と群馬、埼玉、神奈川、山梨、長野、静岡の各県に大雨特別警報を発表した。その後も大雨特別警報の発表が相次ぎ、13都県で発表となっている（図8）。平成30年7月豪雨（通称：西日本豪雨）のときの11府県での特別警報を上回り、過去最多の発表となっている。

このため、広域関東圏と東北の太平洋側を中心に河川の氾濫が相次ぎ、国管理河川では、7河川の12か所で堤防が決壊した（表3）。このほか、都道府県管理河川の堤防決壊が67河川の128か所もあり、あわせて140か所で堤防が決壊した。堤防の決壊に加え、川の水が堤防を越えて外に溢れ出す事態も相次ぎ、北陸新幹線の長野新幹線車両センターは、全車両の3分の1にあたる10両編成が水没し、廃車処分になっている。

このような「外水氾濫」に加え、市街地に降っ

表3 堤防決壊箇所（国管理河川）

（令和元年11月11日現在、国土交通省による）

水系名	河川名	決壊箇所の市町名
成瀬川水系	吉田川	宮城県大郷町
阿武隈川水系	阿武隈川	福島県須賀川市
信濃川水系	千曲川	長野県長野市
久慈川水系	久慈川	茨城県常陸大宮市 (3か所)
荒川水系	越辺川	埼玉県川越市、埼玉県東松山市
	都幾川	埼玉県東松山市
那珂川水系	那珂川	茨城県常陸大宮市 (2か所)、茨城県那珂市

た雨水が、増水して水位が高くなった本川に流れることができずに地表にあふれ出す「内水氾濫」も各地で発生した。人的被害が大きくなる外水氾濫、被害金額が大きくなる内水氾濫が同時におきたのが台風19号の水害である。台風19号では風による被害も大きかったのであるが、それ以上に雨による被害が大きく、典型的な雨台風であった（表4）。

(4) 亜熱帯低気圧で追い打ち

低気圧には熱帯低気圧と温帯低気圧の2つに大別できるが、両者の中間の性質をもった亜熱帯低気圧も存在する。熱帯低気圧のように多量の水蒸

気を持ち、温帯低気圧のように暴風範囲が広いものがあるため、めったにないとはいえ危険なものである。台風19号などの被害から立ち直っていない10月25日、低気圧の通過によって千葉県から東北の太平洋側まで総雨量が200mmという大雨が降ったが、このときの低気圧が亜熱帯低気圧である(図9)。低気圧に向かって関東の東海上を北上中の台風22号からの強い東風が加わって千葉県を中心として記録的な大雨となり、台風19号の被災地に追い打ちをかけている(図10)。

表4 台風15号と低気圧の被害(令和元年11月11日現在、消防庁による)

都県名	死者・行方不明者	全半壊・一部破壊	床上浸水・床下浸水
岩手県	2名	2320棟	160棟
宮城県	21名	3818棟	1万4623棟
福島県	32名	2699棟	1万4784棟
茨城県	3名	2652棟	785棟
栃木県	4名	1394棟	1万9335棟
群馬県	4名	706棟	208棟
埼玉県	3名	565棟	5625棟
千葉県	12名	1527棟	2742棟
東京都	1名	661棟	1522棟
神奈川県	9名	1414棟	1220棟
長野県	5名	5365棟	2798棟
静岡県	2名	400棟	2759棟
兵庫県	1名	1棟	
その他		166棟	581棟
合計	99名	2万3688棟	6万7142棟

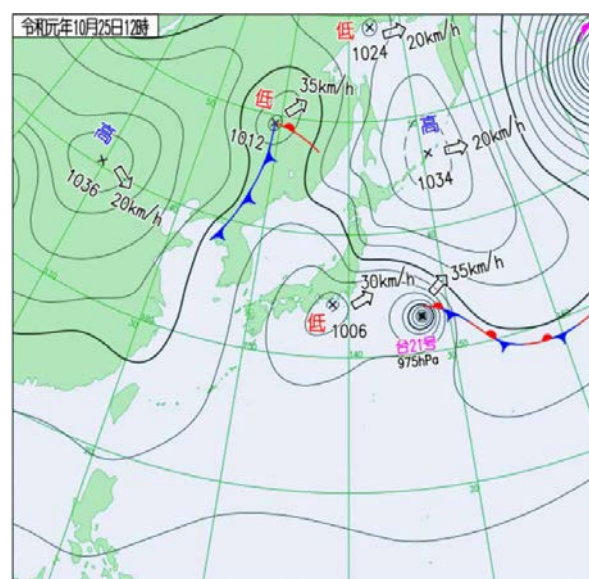


図9 地上天気図(10月25日12時)

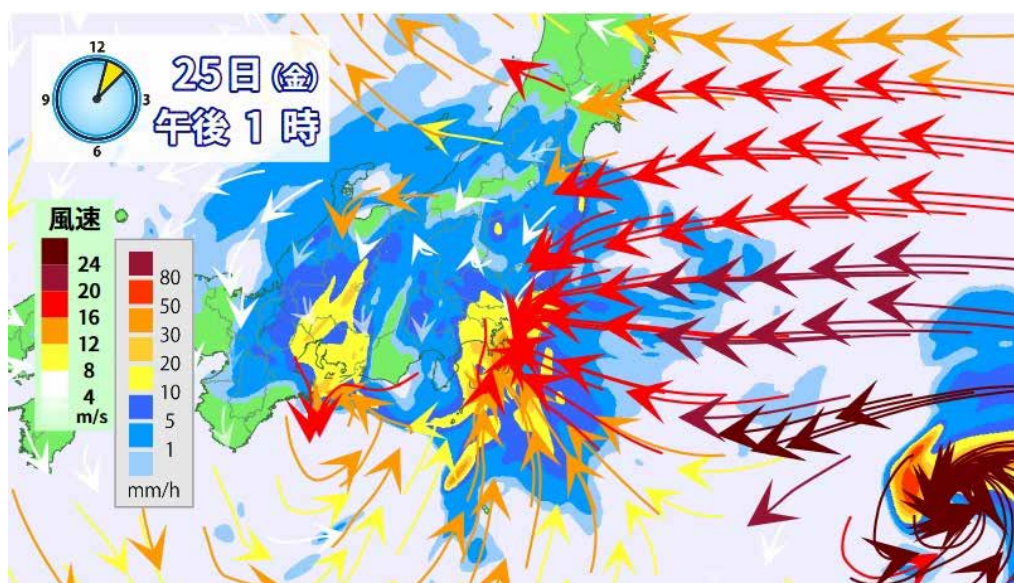


図10 雨と風の分布(10月25日13時)

災害につながるような稀にしか観測しない雨量を観測・解析したとき、気象庁では「記録的短時間大雨情報」を発表しているが、千葉県千葉市付近と八街市付近では25日13時30分までの1時間に約100mmの猛烈な雨が降ったという記録的短時間大雨情報が発表された。千葉県では冠水などで帰宅できなくなった人が多数発生し、843人も児童や生徒が学校に宿泊をした。

(5) 死者のほとんどが高齢者

台風19号の被害は、低気圧による25日の大雨被害と合わせて、死者・行方不明者99名など大きなものであった(表4)。近年、個人情報保護の観点から、災害による死者についての情報を発表しない自治体が増えているので、著者が新聞記事から性別・年齢別の死者を集計したのが図11である。従って、全てではなく、誤差もあるが、女性より男性の死者が多いこと、それも60代の男性が一番多く、全体の20%も占めていることは確かなようである。家族のために車で迎えにいった男性が、洪水に流されるなどして車中で死亡したというケースが相次いでおり、「車中死」という新たな問題が発生している。

(6) 経験した災害のイメージではなく正確な情報を

台風が接近すると、直近で経験した台風をイ

メージする人が少なくない。令和元年の台風19号が接近したとき、多くの人が思ったのは「1か月前の台風15号のような暴風被害が広い範囲で起きる」ということであった。このため、多くの人が早めに風に対する警戒が行われた。また、気象庁が昭和33年に静岡県伊豆半島の狩野川に大きな被害が発生した狩野川台風に似た大雨が降ると呼び掛けたことから、61年前の狩野川台風被害の伝承が残っている静岡県伊豆半島から関東地方西部では雨に対する警戒をした人も少なくない。しかし、台風19号は伊豆半島から関東地方西部のみならず、狩野川台風では記録的な大雨が降らなかった信越地方から東北地方まで及んでいる。

自然災害の危機が迫った時、経験した災害を思い出すのは非常に重要なことである。過去に起こったことは再び発生する可能性が高いからである。しかし、台風の様相は台風ごとに違うので、全く同じことが起きるわけではないことに留意する必要がある。細かく見るとまだまだ予報が十分ではないものの、台風は5日前から強さも含めてほぼ正確に予報できる時代になっている。先入観を持たずに、台風情報をよく読んで警戒することが大切である。

令和2年は、令和元年の台風災害の教訓を生かし、より一層の防災活動によって台風災害が少ない年にしたいものである。

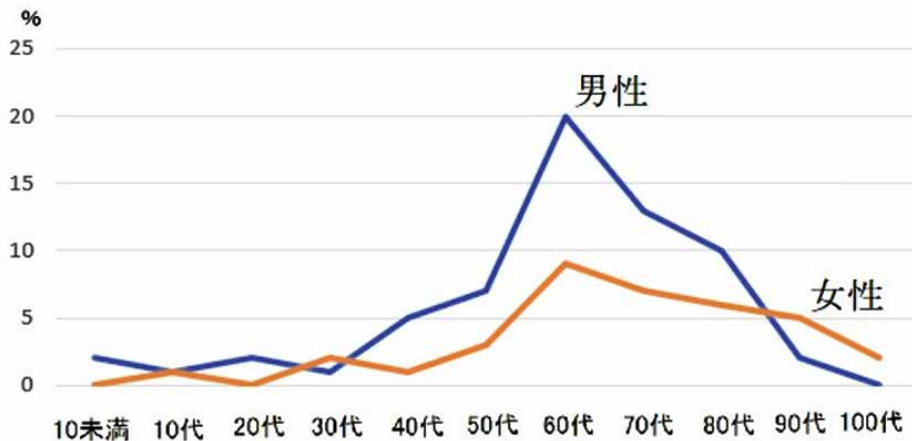


図11 令和元年の台風19号と低気圧による男女別・年齢別の死者

□ 令和元年度台風第19号がもたらした降雨の特徴と それを踏まえた今後の治水計画の展開

中央大学 理工学部教授 山田 正

1. はじめに

台風の進路やその規模を予測することは非常に困難である。しかし、これをどれだけ早く予測できるかが住民の避難の迅速さを左右し、被害軽減に導くことができるということは十分に理解している。例えば、平成27年の関東・東北豪雨では約2,500棟が床上浸水し、多くの住民が避難できず、ヘリコプターでの救助を待たなければならない状況となった。さらに、今回の台風第19号（以下、台風19号と記す）の際には、日本全国での被害が早くから予想されており、上陸する前から防災用品を購入する人がスーパーに溢れ、鉄道各社は上陸前日から計画運休することを発表するなど、国民全員が台風被害に備えていた。そういう意味では、災害に備えるリードタイムを十分に確保できた台風であったとも言える。しかし、平成27年に設置された江東5区広域避難推進協議会では、規定に基づき上陸3日前に広域避難情報発令の可否を検討したものの、これを発令するための基準となる対象流域の3日間累積雨量がこの時点ではわからず、発令するに至らなかった。その結果、上陸当日になって広域避難情報の発令基準となる累積雨量になることが各自治体に伝えられたものの、鉄道は既に計画運休されており、広域避難を実施する時間を確保できないことから当該情報は発令されずに台風上陸を迎えた。こうした状況であり

ながら大きな被害とならなかったのは、たまたま運が良かったと見ることもできる。もし高潮も同時に生起していたらどうなったか、どこかの河川が決壊していたらどうなったか、今回の台風19号は土木技術者の叡智を結集した各種河川施設の運用などによって、ギリギリのところでは被害が食い止められたものであったと筆者は考えている。そして、今回の台風は、国土を縦断・横断して流れる一級河川と地方を流れる中小河川との河川整備状況の違いも露呈したのもであった。台風19号によって71河川140箇所では堤防が決壊¹⁾したが、このほとんどは地方の中小河川であった。

こうした被害を少しでも軽減するために筆者をはじめとする土木研究者は日夜研究に邁進しているが、それよりも早く気候変動が進んでいるのかもしれない。以下、今回の台風で得られた降雨の特徴を列挙する。ぜひ、消防・防災に携わる皆さんにも一読頂き、現場における判断の一助になればと願っている。

2. 令和元年度台風第19号がもたらした降雨の特徴

まず、現在用いられている雨の観測方法には、地上雨量計、C-Band レーダ、X-Band レーダの3つがある。その特性は表-1の通りである。当然ながら、ピンポイントでの雨量を知りたい場合は地

表-1 地上雨量計，C-Band レーダおよび X-Band レーダの比較^{2,3,4,5)}

	地上雨量計	C-Band レーダ	X-Band レーダ
観測範囲	設置地点	半径120km	半径60km
観測時間	10分	10分	1分
提供する雨量データの空間解像度	設置個所の雨量を測定	1 km × 1 km	250m × 250m
設置数	約3,800局 内訳：国土交通省管理約2,500局， 気象庁管理 約1,300局	46局 内訳：国土交通省管理 26局， 気象庁管理 20局	38局 内訳：国土交通省管理 38局
(平成30年 4 月 1 日時点)			

(地上雨量計は、設置地点における雨量を詳細に観測できる一方、広域に亘って雨を観測することはできない。また、Cバンドレーダは広域的な降雨観測に適するのに対して、XバンドMPレーダは、その観測エリアは小さいものの局所的な大雨をリアルタイムで観測できる。)

上雨量計が最も精度が良いと言えるが、その設置数は地域によって異なり、洪水の発生など流域単位での雨の情報が必要となる場合はレーダ雨量を用いることが一般的である。また、国土交通省や気象庁を始めとして、各機関が提供しているレーダ雨量や予測雨量は、地上雨量計を始めとした複数の雨量データで補完し合いながらより精度の高い情報を提供するように取り組まれている。

図-1は、2019年10月11日午前9時から2019年10月13日午前9時までの国土交通省が設置したC-Bandレーダによる2日間累積雨量（2日間で降った雨の総量）を示したものである。この図から、累積雨量が300mmを超えた地域が広範囲に広がっていること、さらに、関東の山間部では累積雨量600mmを超えた地域があったことがわかる。これらの山間部は都心に流れる相模川や多摩川、荒川、利根川の上流に位置しており、これらの雨量がもう少し多かっただけ、或いは、もっと広範囲に広がっていたら、ここに挙げた河川やその支川は非常に危険な状態になっていたであろう。

一方で、今回の台風で堤防が決壊した長野県の千曲川や福島県の阿武隈川では関東地方山間部で見られた

ような累積雨量450mmや600mmといった豪雨は降っておらず、累積雨量100mmから300mm程度の雨が県下全域に亘って万遍なく降っていたことがわかる。こうした状況を概観すると、千曲川や阿武隈川の場合は一定量の雨が流域全域に万遍なく降り続いたことが決壊を誘発したのではないかと考えられる。このような流域全体に万遍なく降る雨によって起因する洪水を、私は「流域型洪水」と呼んでいる。

2019/10/11 09:00 ~ 10/13 09:00

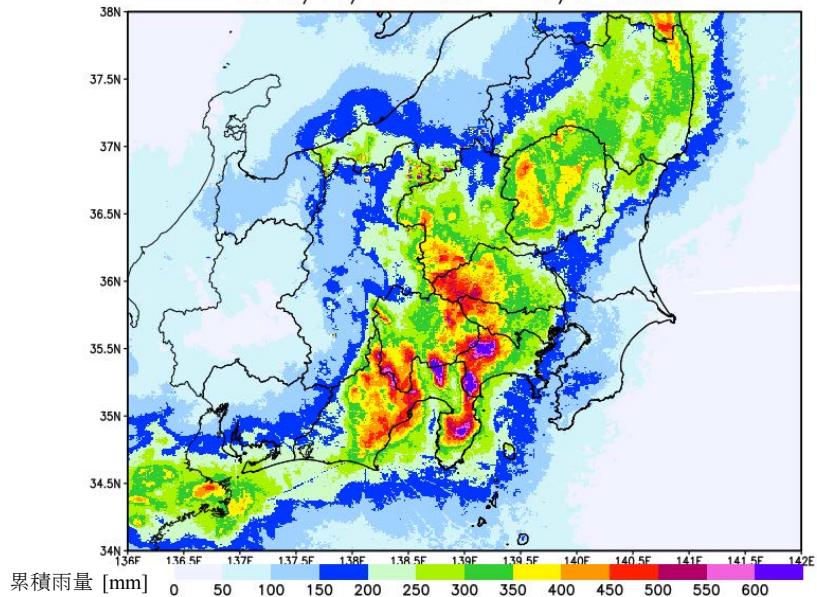


図-1 関東周辺地域のC-Bandレーダによる累積雨量

(累積雨量が300mmを超えた地域が広範囲に広がっており、特に、関東山間部では累積雨量600mmを超えた地域も見られる。また、河川堤防が決壊した千曲川(長野県)や阿武隈川(福島県)では、県下全域に亘って累積雨量100mmから300mmの雨が万遍なく降っていた。)

3. 流域型洪水を誘発した降雨

図-2と図-3は、千曲川流域周辺と阿武隈川流域周辺の累積雨量の空間分布を時系列に並べたもの

である。この2つの図を見ると、千曲川の場合も阿武隈川の場合も、累積雨量は上流から下流へと徐々に大きくなっていることがわかる。このように、累積雨量の伝播方向と河川の流下方向が一致

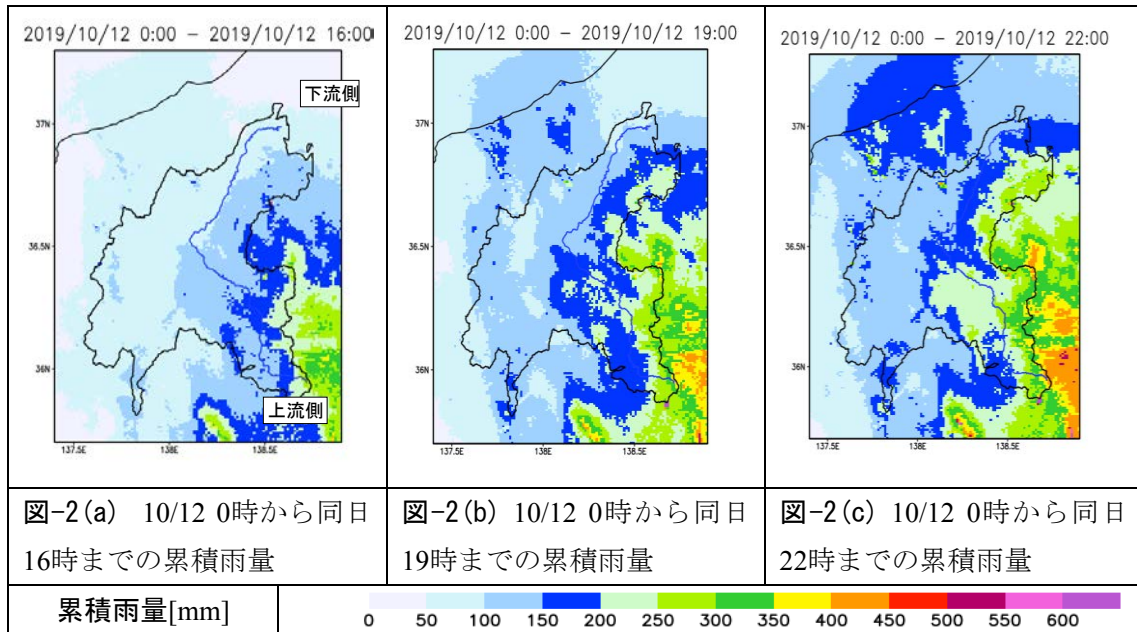


図-2 千曲川流域におけるCバンドレーダによる累積雨量の時空間分布

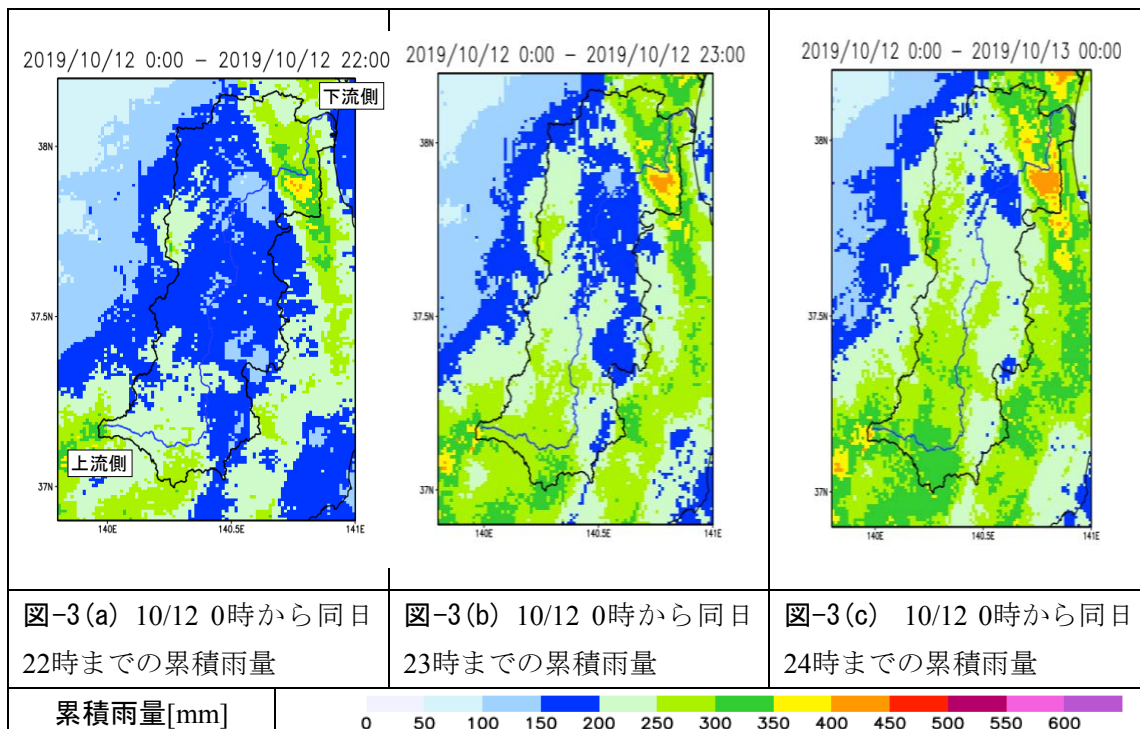


図-3 阿武隈川流域におけるCバンドレーダによる累積雨量の時空間分布

（千曲川（長野県）と阿武隈川（福島県）では、累積雨量の大きな値を示す範囲が上流側から下流側へ伝播していったことが分かる。このように、累積雨量の伝播方向が河川の流下方向と一致する場合、本川全体の流量が大きくなり、洪水リスクが増加する。

する雨の降り方は、大規模な洪水を発生させやすい。この雨の降り方の場合は、上流に位置する複数の支川が増水し、増水した支川の流量が本川に流れ込み、本川全体の流量を大きくしてしまうという、洪水対策上懸念しなければならない事態が生じる。

また、図-4と図-5は、千曲川流域と阿武隈川流域のC-Bandレーダによる流域総降雨量を示したものである。この図を見れば、千曲川流域と阿武隈川流域において、台風19号による雨量は、2日間累積雨量として設定されていた計画降雨量を約24時間（1日）で超過していたことがわかる。計画降雨量とは、各河川の河川計画を策定するに際して定められる治水安全度（計画規模）相当の雨量のことを言う。例えば、治水安全度を1/100 確率とした場合には、過去の年最大雨量の観測値を統計処理し算定された1/100 確率の雨量（100年に一度起こる規模の豪雨、100年確率降雨量とも言う）が計画降雨量となる。一般的に、計画降雨量は2日間もしくは3日間で降る累積雨量で設定されることが多い。そして、ここで挙げた2つの河川はその計画降雨量を1日で超過してしまった。しかし、今回の台風19号ではこの2つの河川以外にも相模川、多摩川、鬼怒川、那珂川、久慈川など、複数の河川で同様の事態が発生していた。詳しくは、日本気象協会が発行している防災レポート⁶⁾を参照していただきたい。

4. 気候変動を踏まえた大規模豪雨予測の必要性

今後は、気候変動に伴う極端気象の増加、特に、台風勢力の増長が予測されている。図-6の上の図は、地球温暖化が進行した今世紀末で、関東地方に最大の雨量をもたらす台風の経路を示したものである。これは、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が想定している気候変動シナリオのうち、有効な緩和策が打ち出されず、温室効果ガスの排

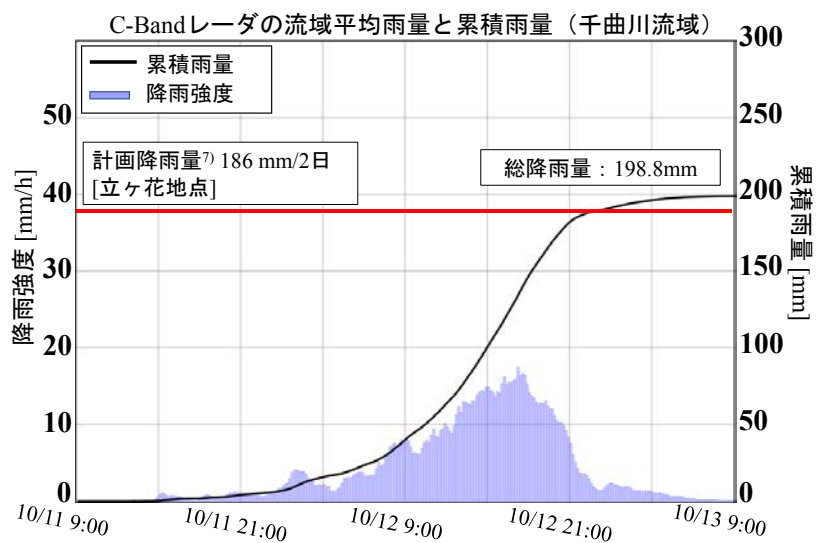


図-4 千曲川流域におけるCバンドレーダの流域平均雨量と累積雨量

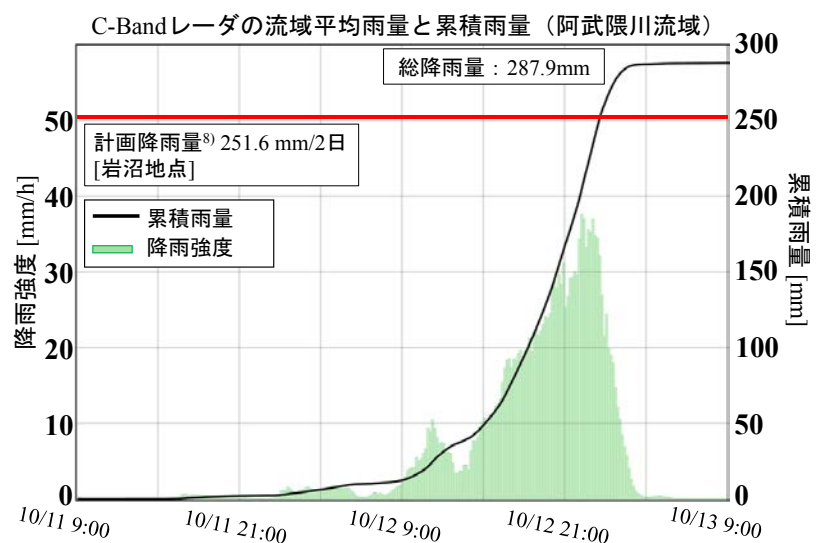


図-5 阿武隈川流域におけるCバンドレーダの流域平均雨量と累積雨量

（千曲川流域と阿武隈川流域における累積雨量は、2日間を対象として設定された計画降雨量を約24時間（1日）で超過した。）

出量が最大となるシナリオ（地球の平均気温が産業革命の頃から4℃上昇したシナリオ）において、発生する可能性があるとして予測された台風である。この気候変動予測結果は、「地球温暖化に資するアンサンブル気候予測データベース、database for Policy Decision making for Future climate change (d4PDF)⁹⁾」によるものである。そして図-6の上の図と下の図（台風19号の経路図）を比較すると、双方の台風の経路が酷似していることがわかる。つまり、4℃上昇のシナリオで想定される最大クラスの台風が既に発生してしまったということである。このことは、地球温暖化が着実に進行していること、そして、今後はさらに大規模な台風が発生するであろう可能性を示唆しており、これまでの治水計画では地球温暖化による降雨の激甚化に対応しきれない可能性があることを示している。

5. おわりに（「日本人は逃げない」）

台風19号を踏まえて今後どのような対策を取

ていくべきか。わたしが参画した土木学会台風第19号災害総合調査団で「台風第19号災害を踏まえた今後の防災・減災に関する提言～河川、水防、地域・都市が一体となった流域治水への転換～」¹⁰⁾を取りまとめている。ぜひ読者の皆さんにも一読いただき、今後のわが国の進むべき道と一緒に考えていただきたい。

そして、直接避難に携わっているであろう消防・防災関係者の各位にぜひ認識していただきたいのは、「日本人は逃げない」ということである。図-7はわたしの研究室の学生たちが平成27年関東・東北豪雨で決壊した鬼怒川周辺に住む常総市の皆さんにヒアリング調査を行った結果をまとめたものである。各種避難情報が出されていても鬼怒川上流で越水した時点で避難していた越水箇所付近に住む住民は約60%、鬼怒川中流で決壊した時点で避難していた下流に住む住民は約30%である。この状況は常総市の皆さんに限った数字ではなく、同様の調査を西日本豪雨で被災した市町村でも行ったが、状況は同じであった。そして、実

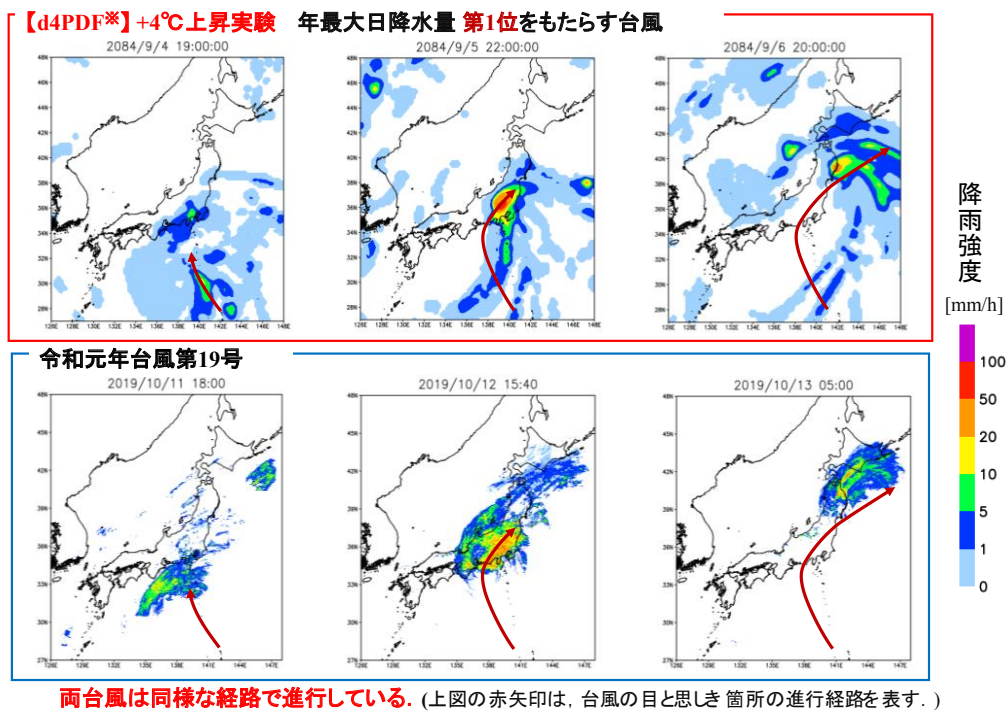


図-6 令和元年台風第19号とd4PDF 4℃上昇気候における最大の24時間雨量をもたらす台風の経路比較

（地球温暖化が進行した今世紀末に関東地方に最大の降雨量をもたらす台風の経路を示したIPCCの4℃上昇シナリオと今回の台風第19号の経路が酷似している。

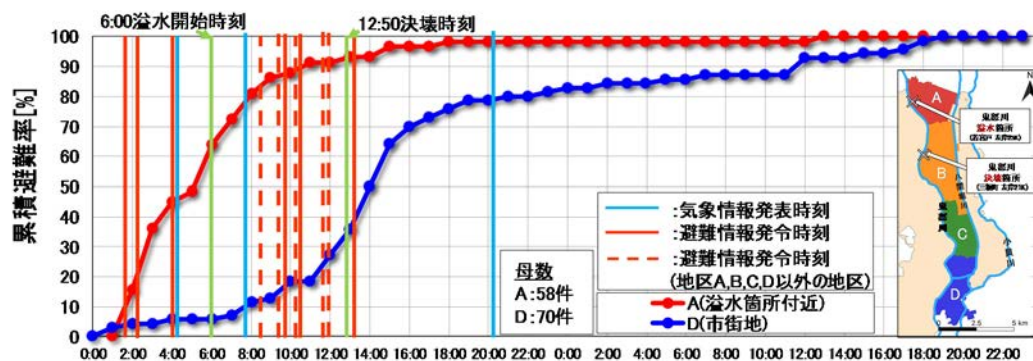


図-7 常総市における避難情報の発令と避難率の推移

(鬼怒川の上流で越水が発生した時点で、越水箇所付近に住む住民のうち避難していた人は約60%であり、鬼怒川の中流で決壊した時点で下流に住む住民のうち避難していた人は約30%であった。)

際に避難のきっかけとしてどこの地域でも最も多く挙げられていたのが「家族、近所の人、市の職員などに避難を勧められたから」という理由であった。豪雨時の防災無線は場所によっては聞き取りづらいという話もよく聞く。そうした状況下で、水防団や消防団の皆さんを始めとする近隣住民の皆さんの声かけが実際の避難を誘導しているのが日本の実態なのである。より良い避難情報の発令方法を検討するのは当然ながら、日本の治水対策の一翼を最前線で担っている水防団及び消防団組織の維持と強化にも期待するところが大きい。

参考文献

- 1) 国土交通省：堤防決壊箇所一覧，<https://www.mlit.go.jp/common/001313204.pdf>，(2020年4月3日閲覧)
- 2) 国土交通省：国土交通白書 2011，<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h22/hakusho/h23/html/k2621ca0.html> (2020年4月3日閲覧)
- 3) 国土交通省「技術調査関係」：電気通信のあらまし (参考資料編)，2018。
- 4) 気象庁：地域気象観測所一覧，https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/amedas/ame_master.pdf，2020。(2020年4月3日閲覧)
- 5) 国土交通省：水文水資源データベース，<http://163.49.30.82/> (2020年4月3日閲覧)
- 6) 一般社団法人日本気象協会：防災レポート Vol.1，<https://www.jwa.or.jp/news/2019/11/8535/>，2019。(2020年4月3日閲覧)
- 7) 国土交通省：信濃川水系河川整備計画基本方針，基本高水等に関する資料，2008。
- 8) 国土交通省河川局 阿武隈川水系河川整備計画基本方針，基本高水等に関する資料 (案)，2004。
- 9) Ryo Mizuta, Akihiko Murata, and Masayoshi Ishii : Over 5, 000 Years of Ensemble Future Climate Simulations by 60-km Global and 20-km Regional Atmospheric Models, Bull.Am. Meteorol. Soc., pp.1383-1393, 2016.
- 10) 土木学会台風第19号災害総合調査団：台風第19号災害を踏まえた今後の防災・減災に関する提言～河川，水防，地域・都市が一体となった流域治水への転換～，http://www.jsce.or.jp/strategy/files/hagibis_20200123.pdf，2020。(2020年4月3日閲覧)

□台風15号による電力被害状況と復旧の課題等

東海国立大学機構 名古屋大学 減災連携研究センター
エネルギー防災寄付研究部門 特任准教授 都 築 充 雄

台風15号の襲来

2019年9月8日午前、気象庁は臨時の記者会見を開き、台風15号について警戒を呼び掛けた。翌9日、台風15号は勢力を保ったまま東京湾を北上し、5時前に千葉市付近に上陸。コンパクトな台風であったが、日本近海の海水温が高かったため、上陸直前には、中心気圧955hPa、最大風速45m/sと「非常に強い」勢力に発達した。上陸時の中心気圧は960hPa、最大風速は40m/sであったが、千葉県10地点では観測史上最大の風速を記録し、千葉市、木更津市、館山市、成田市では瞬間最大風

速45m/s以上の風が吹いた。

台風15号は千葉県と茨城県を縦断し、9日午前8時には太平洋上へと抜けた。強風により千葉県を中心に多くの家屋で屋根に被害を生じた。消防庁によると、昨年12月23日時点の被害は、死者3名（関連死2名を含む）、負傷者150名、住家被害は千葉県を中心に、全壊391棟、半壊4,204棟、一部損壊72,279棟、床上浸水121棟、床下浸水109棟に及んでいる。（台風第15号については、令和2年2月19日気象庁において「令和元年房総半島台風」と名称が定められたが、本稿では「台風15号」と称することとする。）

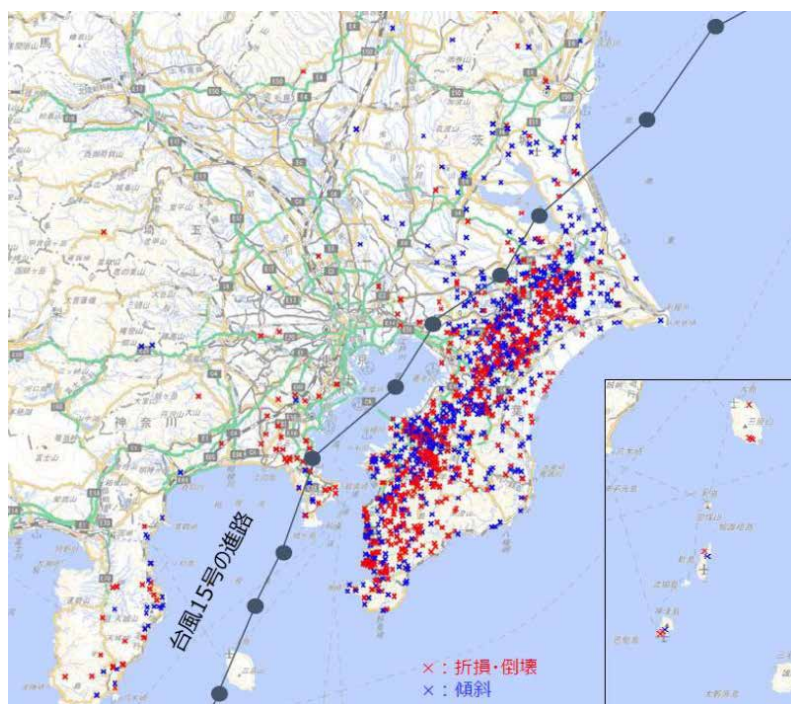


図 台風15号の進路と電柱被害（2019.11.14経済産業省資料）

台風被害による長期停電

上陸からわずか3時間ほどの間に、千葉県の電力設備は多くの電柱や電線が損壊するといった甚大な被害を受け、長期間にわたる停電が発生した。9月9日午前7時50分には関東全域で最大93万件的停電が発生、その7割に相当する64万件は千葉県であった。また、東京、神奈川、埼玉、茨城、栃木、静岡の各都県では、9月11日までに概ね停電が復旧した一方で、千葉県内では送配電設備の被害が大きく、復旧作業に2週間以上の時間を要した。具体的には、停電発生から10日以上経過した9月21日に停電件数が1万戸以下となり、大規模な倒木や土砂崩れ等により、復旧作業が長期化している地域や低圧線や引込線の障害が残っている一部の家庭以外の復旧が完了したのは9月24日であった。

停電などの影響で、約14万戸が断水し、広域に通信障害も生じた。このため、住民の生活は困難を極め、また、被害情報の収集が遅滞して行政の災害対応にも支障が生じた。その結果、災害救助法の適用団体は2都県42市町村に上った。

度重なる復旧見込みの訂正

台風15号の停電被害の印象を悪化させた原因のひとつに、東京電力による度重なる復旧見込みの

訂正があげられる。東京電力は、被害の全容把握が困難であるなか、過去の台風被害による配電線の事故回線数や復旧時間の実績と、台風15号により被害を受けた事故回線数等を照らし合わせることで、9月10日午後5時時点で58万件残っていた停電を、同日夜の間には山間部等の復旧困難箇所と鉄塔倒壊による停電箇所の約12万軒を除き復旧する見通しと公表した。ところが、停電解消は進まず、翌朝になっても40万件以上が停電していたため、11日には復旧見込みを訂正するなど、数度の訂正を余儀なくされた。

過去の台風被害に基づく停電復旧判断の前提となったのが、2018年9月に発生した台風21号での復旧実績である。台風21号では、関西エリアを中心に最大240万件的の停電が発生し、台風15号に伴う東京電力エリアの停電戸数の2.5倍に相当するが、ピーク時の停電が99%解消されるまでにかかった時間は5日に過ぎなかった。

過去の経験則からの予測を阻んだ要因の一つが、これまでの台風比べてかなり大規模な倒木があったことである。そのような現場状況を確認しないまま、情報発信を急ぐ余り、過去の経験に基づく想定値を発表し、訂正を繰り返したことで、社会の混乱を助長したとして批判を招いてしまったことになる。さらには、電気事業の送配電部門の災害に強いイメージを毀損し、電力安定供給の信頼感が失われかねない結果を招いてしまった。

表 最近の台風による電力設備被害と停電戸数

		配電設備						送電設備		最大停電戸数
		架空線			地中線			架空線		
		支持物【本】折損・倒壊等	高圧線【径間】断線・混線等	変圧器【台】損傷・傾斜等	地上機器【台】浸水等	地上機器【台】損傷・傾斜等	ケーブル【m】損傷等	鉄塔【基】折損・倒壊等	特高線【条】断線	
2108台風21号	関西電力	1,343	4,914	362	38	0	544	0	10	約170万戸
2018台風21号	中部電力	287	3,861	29	—	—	—	—	—	約70万戸
2018台風24号	中部電力	206	2,974	53	0	0	0	0	2	約180万戸*
2019台風15号	東京電力	1,996	5,529	431	0	1	0	2	2	約93万戸

※他電力含む

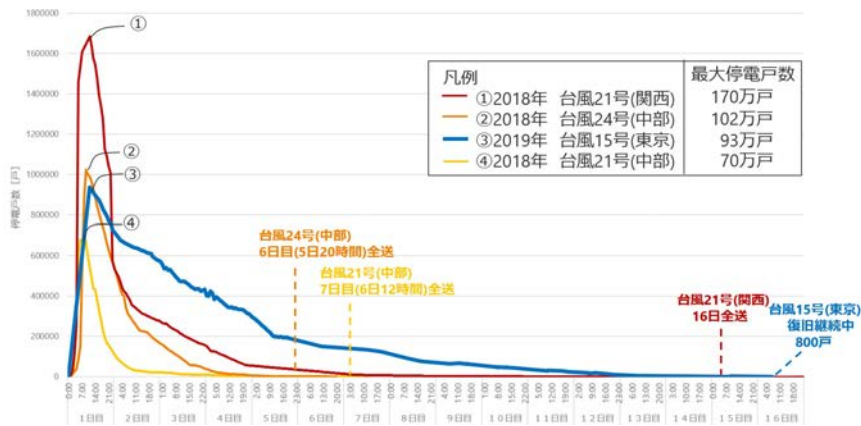


図 最近の台風における停電状況の推移（経済産業省9/24資料）

倒木と風で飛ばされた飛来物による停電

倒木と風で飛ばされた飛来物は、配電用変電所から各家庭やビルに電気を届ける配電回線に重大な支障を与えた。強風の影響によって電柱が損壊するだけでなく、倒木と飛来物により電線の被覆が損傷を受けそこから漏電する場合も安全確保のため電力供給を停止することになる。電線に木や飛来物が引掛かっただけでも電線が引っ張られ、碍子が破損・漏電し、同様な事態となる。

倒木による停電の復旧には、まず倒木の処理が必要になる。電気事業法第61条3項では、供給の支障になる倒木を電力会社の判断で伐採することも認められているが、倒木の絶対数が多い場合作業は困難を極めるのは明らかである。倒木の処理は、高所作業車を使用し必要に応じて2人がかりで伐採をする必要がある上、高所作業車の運転者、ロープで吊るした伐採木を受け取る要員も必要になるといったように、手間も時間もかかる作業である。また、道路がふさがれることによって現場にアクセスできない事態や、山間部では高所作業車などの大型車両が入れない狭い場所も多い。台風15号で千葉県内の停電が長引いた一因は、これら膨大な数の倒木である。

その上に、停電復旧の障害となったのが、繰り返された課電試験である。倒木と飛来物により、被害は500回線に上る配電線で生じていた。通常、

1回線の事故点は1、2カ所程度であるが、台風15号では碍子のひびや被覆の微細な破損など、見えない部分も含めて多数の損傷が発生した。工事後には、電圧をかけて配電線の健全性を確認する課電試験を行うが、巡視の段階で確認できないような小さな損傷がいくつもあり、十分な絶縁が保たれずに試験を繰り返すことになった。現場復旧と通電確認作業が繰り返される、苦しい現場の状況が見えてくる。

千葉県内の停電では、陸上自衛隊が倒木処理に最大約1万人の対応態勢を構築し支援を行ったほか、電力各社は自発的に支援態勢を整える「プッシュ型支援」を本格的に実施し、過去最大の延べ約1万人と、計204台の高・低圧発電機車を派遣した。電力内における各役割の横串の連携や他者との連携の実情は、災害対応の教訓を蓄積する意味でも重要な検証テーマである。

通信環境の混乱

台風第15号においては、配電線同様に通信線の断線等が多数発生するとともに、停電が長期間に及んだため、携帯電話基地局等における非常用電源が維持できない等の理由により、千葉県をはじめとして通信障害が広範囲・長期間にわたり発生した。千葉県内では、基地局が停電の影響で停波してしまったことなどが原因で、9月9日頃から

通信障害が発生していた。大手携帯電話各社は、移動基地局や電源車、発電機などを投入し復旧に当たったが、最終的にサービスが復旧したのは台風通過から1週間以上経過した9月17～19日であった。

この通信障害は、電力復旧の現場にも影を落とした。通信機器を利用したデジタルデータによる現場と災害対策拠点との設備情報などの共有が著しく阻害されたのである。現場からの口頭連絡は無線や保安電話で対応できたものの、被害状況の詳細をデータに基づき共有するためには、結局、作業員が災害対策拠点に戻って写真などを確認するなどの手順を踏むことになり、スムーズな復旧作業を阻む一因となった。

また、被災現場では、倒木伐採や土木工事、電気設備復旧、架電試験、発電機車など、現場ごとに異なるニーズへの対応が要求されるため、それぞれの専門技術者の緊密な調整と連携が必要になるが、通信障害により現場状況が共有されないことで混乱状態に陥っていたことも、停電長期化の一因にあげられる。

令和元年台風第15号・第19号をはじめとした一連の災害に係る検証チーム

台風15号で生じた様々な事態を受け、政府は、2019年10月3日に「令和元年台風第15号に係る検証チーム」を立ち上げ、課題となった長期停電の原因と復旧プロセス、通信障害、国・地方自治体の初動対応や災害対応に慣れていない自治体への支援等について検証を行うことになった。その後、翌週に襲来した台風19号の検証も合わせて行うことになり、「令和元年台風第15号・第19号をはじめとした一連の災害に係る検証チーム」と改称された。次への災害対応に活かすための検証結果として、2020年3月31日、検証レポート最終とりまとめが示された。

検証作業は、政府だけでなく、被災自治体や関

係事業者も含めた検証作業に加え、電力、通信、災害対応等の分野の有識者も交えた検討会も開催し、様々な立場・観点から改善すべき論点を抽出し、その論点ごとに対応策をとりまとめる形で実施された。台風第15号に関し、長期停電については経済産業省における「総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会 / 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 合同電力レジリエンスワーキンググループ」の議論を踏まえ検証作業が行われている。

台風15号に関する具体的な検討課題は、

- ① 大規模停電の問題：長期停電の原因、被害状況の把握、復旧見通しの発表、復旧プロセスと今後の対応策の在り方、鉄塔等送電網のハード対策などについて。
 - ② 通信障害の問題：通信障害の原因、復旧見通しの発表、復旧プロセス及び今後の対応策などについて。特に、停電時における高齢者等要支援者の安否確認・情報伝達方法。
 - ③ 行政の初動対応の問題：国・地方自治体の初動対応等、災害対応に不慣れな県・市町村の平時の備え、国による支援のあり方、防災行政無線の不通時対策などについて。
- の3点であった。

検証作業を踏まえ、多岐に渡る対応策が示され、現在順次実施フェーズに移行している。本稿では全てを詳細にレビューすることはできないが、災害を通して見えてきた重要な課題と対応策の方向性について、簡単に取りまとめる。

今後の災害対応の課題と対応策の方向性

まず、大規模・長期停電の問題に関しては、復旧作業に関係する通信事業者や自衛隊、自治体などとの連携不足、他電力からの受援体制の不備が指摘される。さらに、電源車の活用が不十分だった原因は、電源車の運用を担う技術者不足等と

もに、電源車を適材適所に配置するための連携の枠組み構築が不十分であった点があげられる。現場のリアルタイムの状況に応じた、関係者間の情報の共有が大切である。

病院や官公庁舎などの重要施設の非常用電源の整備状況は課題である。昨年末に消防庁が発表した「地方公共団体における業務継続性確保のための非常用電源に関する調査結果」によると、全国の1,741市町村のうち72時間以上の電源を有しているのは717市町村しかない。千葉県については54市町村のうち17市町村に留まっており、燃料供給体制を含め早期に改善が必要である。

通信障害の問題に関しては、様々な課題があげられているが、最大の課題は、通信の復旧と停電復旧の相互依存関係であり、今後通信事業者は電力会社との連携を深める必要がある。さらに、電力と通信の監督官庁である経済産業省と総務省の連携も実効性を高める必要がある。

行政の初動対応の問題に関しては、特に首都圏

は、地方都市と比べて顔の見える関係が希薄なため、組織間の連携力が弱い。協定を作って安心するのではなく、魂を入れて実効性を高める必要がある。防災連絡会のような連携体制を整え、普段から顔の見える関係を構築し、一緒に防災訓練等を行うなどする必要がある。さらに、物資の備蓄や運搬に関する行政機関間での情報共有、国のプッシュ型支援の在り方などの見直しにおいても、関係者間の調整が重要である。

今回の被害の教訓として最も大切なことは、災害時の電力復旧に関して、電気事業者は復旧の最先端を担い責任を持つが、一旦大規模な災害が発生した場合、電気事業者だけでは早期復旧は不可能である、という事実を共有することであると思われる。国・自治体を始めとする様々な立場の関係者の総力を結集するための連携関係をいかに構築すべきかが重要であり、しかもそれは平時から怠りなく準備しておくことが求められているということである。

□2019年台風15号 (Faxai) による沿岸災害の概要

横浜国立大学 鈴木 崇之

1. まえがき

日本はこれまで多くの水災害に見舞われている。ここ3年間においても、気象庁は以下の気象現象4例に対して命名している。2017年7月5～6日の「平成29年7月九州北部豪雨」、2018年6月28日～7月8日の「平成30年7月豪雨」¹⁾、2019年9月5～10日の「令和元年房総半島台風(台風第15号)」²⁾、2019年10月6～13日の「令和元年東日本台風(台風19号)」³⁾。

台風被害に関しては、2018年9月に台風21号(Jebi)、24号(Trami)が近畿地方に上陸し、特に台風21号では大阪・神戸一帯に高潮被害をもたらした²⁾、³⁾。2019年においても、9月の台風15号(Faxai)、また、10月には台風19号(Hagibis)⁴⁾が関東地方に上陸した。本稿では、2019年に襲来した台風15号(Faxai)の東京湾西部沿岸災害の概要について示す。

2. 台風15号 (Faxai) の特徴

台風15号は、2019年9月5日南鳥島付近で発生し、7日から8日にかけて小笠原近海から伊豆諸島付近を北上した。さらに、9日3時前には三浦半島付近を通過して東京湾を北上し、5時前に強い勢力のまま千葉市付近に上陸した(図-1)。その後は茨城県沖に抜け、日本の東海上を北東に進

んだ。

台風の接近、通過に伴い、伊豆諸島や関東地方南部を中心に猛烈な風雨となった。特に、風に関しては千葉市で最大風速35.9 m/s、最大瞬間風速57.5 m/sを観測するなど、関東地方を中心に19地点で最大風速の観測史上1位の記録を更新する台風となった。被災状況は、内閣府より報告されている⁵⁾。道路・鉄道に於ける被災はなかったものの、港湾施設ではコンテナ崩れ、暴風による大規模な倒木や土砂崩れ、また鉄塔の倒壊などの影響により電力最大供給支障戸数は約934,900戸、

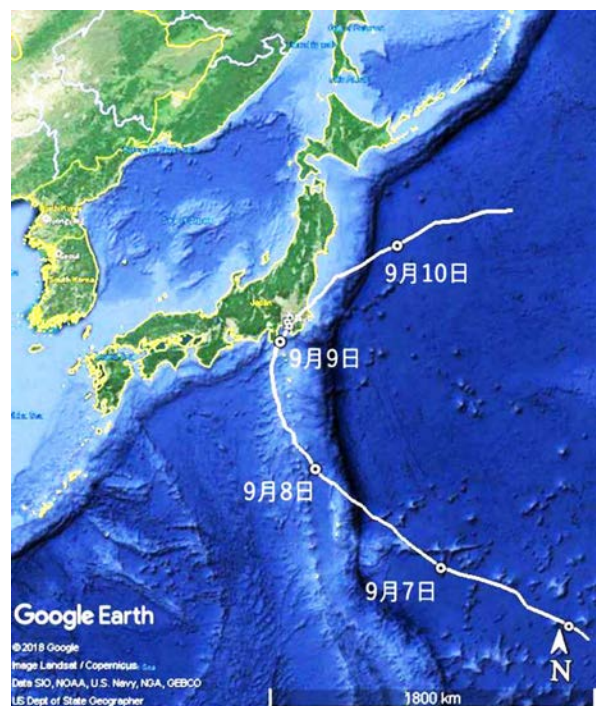


図-1 2019年台風15号 (Faxai) の移動経路

また、河川では河岸侵食、護岸損壊、土砂災害は77件生じた。

過去3年間（2017～2019年）の間に日本に上陸した台風データ（IBTrACS⁶⁾）を用いて作成した、上陸時の台風中心気圧と最大風速半径の関係を図-2に示す。円の大きさは上陸時の風速である。これを見ると、台風15号（Faxai）は大きな被害をもたらした2019年台風19号（Hagibis）、2018年台風21号（Jebi）と同程度の中心気圧であるものの、最大風速半径に関しては他に比べて小さいことがわかる。ゆえに、台風15号（Faxai）は勢力が強く、かつ、コンパクトな台風であったと言える。

次に、東京湾の西岸、および東岸において計測された台風通過時（9月8日午後6時から9日午後6時まで）の風速ベクトルを図-3に示す。図中

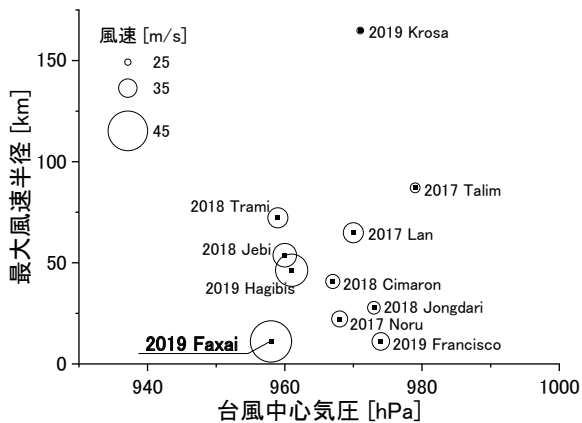


図-2 日本上陸時における台風の中心気圧と最大風速半径との関係

央の地図に示した実線は台風経路であり、台風は東京湾のほぼ中央を移動していることがわかる。台風の通過時に東京湾の西側と東側で対称的に風向が変化しており、西側では接近とともに東北東～北風となり通過後に南西風となっている。一方、東岸では接近とともに東南東～南風が吹き通過とともに南西風となっている。これは、台風がもたらす反時計回りの渦が、コンパクトな台風であったことにより東京湾の西岸東岸において生じさせる風向を変化させたといえる。

ここで、東京湾西岸に襲来する波浪を考えると、台風襲来時に生じた東北東～東南東の風により、卓越する波も同じく幅を持っていたことが推察される。これら多方向からの波が東京湾西部に襲来したことにより、特に横浜を中心として被害が大きくなったと考えられる。

台風通過時、東京湾中央に位置する第二海堡において計測された波浪場（有義波高、有義波周期）、横浜での潮位、および各地点での潮位偏差を図-4に示す。ただし、波浪場に関しては、波浪ピーク時において超音波式波浪計が欠測となっていたため、水圧データから推定した値を実線で示している。波高に関しては、台風通過前は1 m以下であったが、接近とともに3 m以上にまで発達し、2つのピークを有していた（図-4a）。また、周期に関しても4秒程度であったものが、8秒以

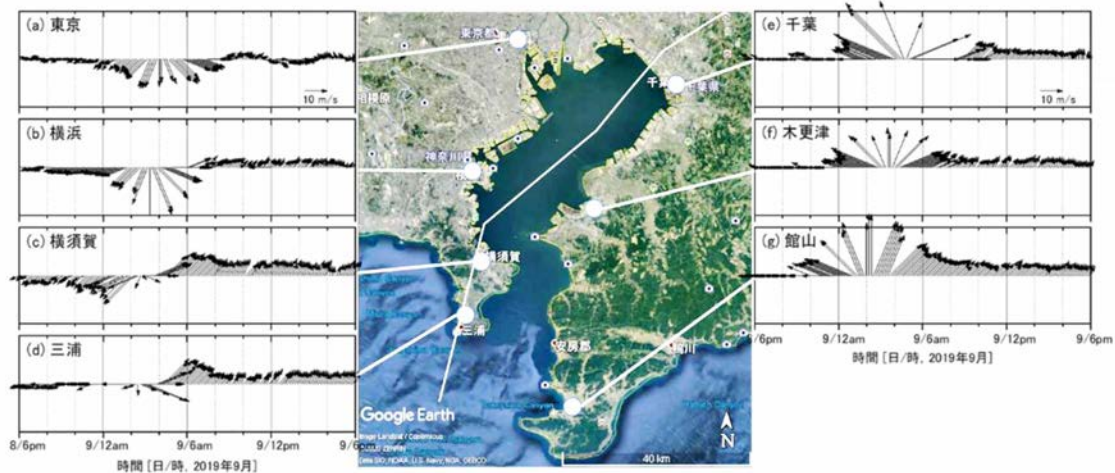


図-3 東京湾沿岸における風向風速の変化

上となっていた (図-4b)。

横浜にて計測された潮位変動を天文潮位とともに図-4cに示す。台風は潮位が低下するタイミングで襲来し、2つのピークを有していた。1つ目のピークは波浪のピーク時間と一致しているが、2つ目のピークは一致しなかった。台風通過時の各地の潮位偏差を見ると (図-4d)、第二海堡、横浜、横須賀に関しては、2つのピークがみられ台風接近時に約1mの偏差、さらに約4時間

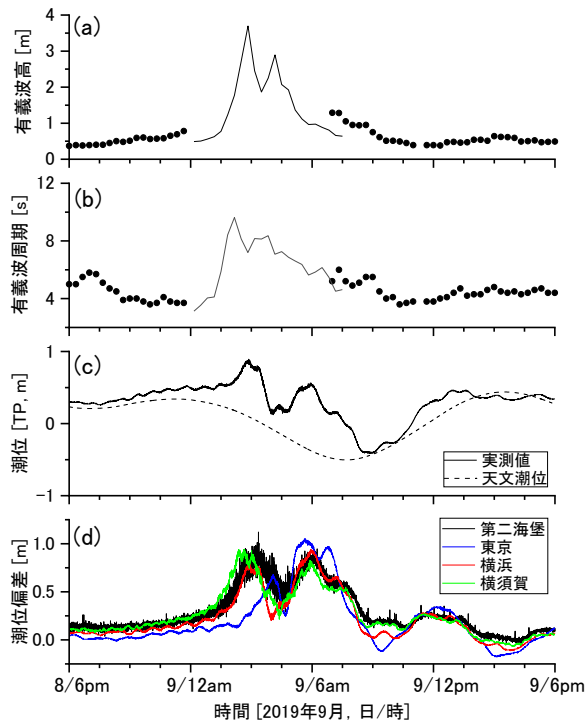


図-4 東京湾内における波浪場と潮位：(a、b) 第二海堡にて観測された波高と周期、(c) 横浜における実測潮位と天文潮位、(d) 各地点における潮位偏差 (実測潮位と天文潮位との差)

後に再度約1mの偏差が生じていた。一方、東京に関しては他地点とは異なる偏差挙動を示していた。これは、東京湾内振動が影響していたと考えられる。

東京、横浜、横須賀の既往最大潮位はそれぞれTP 2.03 m、TP 1.56 m、TP 1.47 mであり、本台風では潮位低下時に高潮が発生したこともあり、既往最大までには至らなかった。台風15号での沿岸被害は高潮によるものではなく、暴風に伴う高波浪 (高波) によるものが主であると考えられる。

3. 現地調査

3.1 現地調査の概要

現地調査は、2019年9月10日~20日にかけて、土木学会海岸工学委員会、2019年台風15号 Faxai による沿岸被害調査団によって実施された。調査では、東京湾西岸の各地点における遡上高、浸水高を計測したとともに、被害状況・特徴の把握も実施した。調査は合計48地点において実施した。調査結果の詳細については、Suzuki et al.⁷⁾ に記述されている。各地点では枯草や漂流物などの遡上痕、浸水痕を確認し、これら痕跡の海面からの高さをRTK-GPS測量器、またはオートレベルを用いて測量を行った。以降に示す数値は東京湾平均海面 (TP) を基準としている。

測量を行った各地点の東京湾平均潮位からの高さを図-5に示す。ここで、水色が遡上高 (陸上に

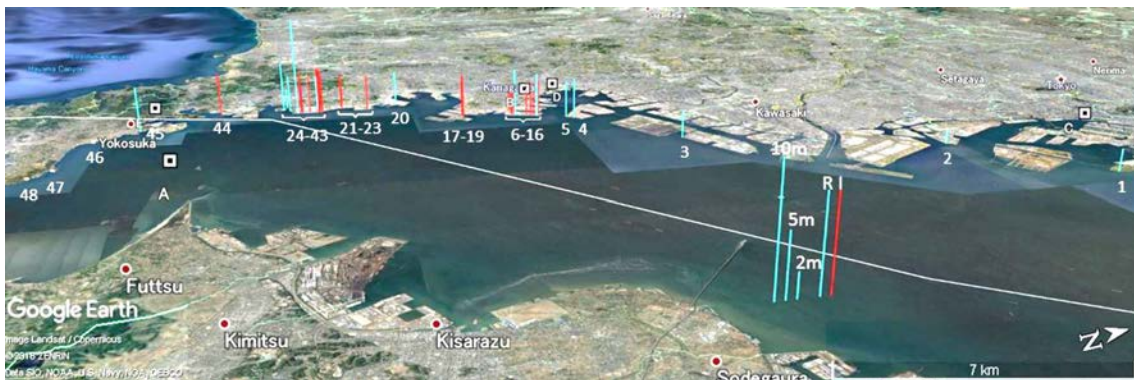


図-5 東京湾西岸における遡上高 (R、水色)、および浸水高 (I、赤)。(TP 表示)

浸入した海水が遡上した地盤の高さ)、赤色が浸水高(海水が浸入した際の水面までの高さ)であり、数字は地点番号である。観測は東京から横須賀までの範囲で実施し、遡上高、浸水高はTP 1.3 mから5.5 mまでに分布していたが、横浜市福浦地区において10 mを超える値が計測された。図より、やや高い値が横浜市大黒ふ頭(図中4)から横須賀市夏島(45)に分布し、それよりも北側ではやや低く、また、南側では遡上、浸水は観測されなかった。

3.2 各地域の被災

ここで、各地域における被災状況を示す。括弧内の番号は図-5中の地点番号である。

(1) 横浜市福浦(24~41)、幸浦(21~23)

横浜市福浦地区においては、高波浪により計約1,200 mの護岸のうち、約600 mにおいて護岸上部のパラペットが被災した(図-6)。また、多くの海水が内陸に流れ込み、近隣の工場が被災するとともに浸水被害も発生した。浸水範囲は福浦・幸浦地区で計約3.92 km²であり、被害事業者数は483事業所(2019年9月24日時点)にも及んだ⁸⁾。また、護岸背後に位置する沿岸緑地の歩道は陥没が複数箇所発生し、海岸沿いの道路には泥質が堆積していた。

この福浦地区においては、最大遡上高 TP 10.8



図-6 横浜市福浦地区での護岸の被災

mを小高い丘にて記録した。この丘の前面では斜面部が侵食しており、越波が一定時間継続したと考えられる(図-7)。この地点を除くと、遡上高、浸水高はTP 3.1~5.1 mに分布していた。また、周囲の倒木方向などから卓越越波方向はほぼ護岸に垂直(東からの波)であったと推定された。



図-7 波浪により侵食された斜面

(2) 横浜市本牧(6~19)、大黒ふ頭(4、5)

横浜港口南側に位置する本牧においては、護岸の倒壊、および洗掘が発生していた。図-8は横浜港シンボルタワー周辺の様子である。倒壊した護岸が波浪により数m陸側に運ばれた個所も見られた。周辺のフェンスの崩壊、また、護岸の移動方向から波の来襲方向はやや北より(東北東からの波)であったと推定された。計測された遡上高、浸水高はTP 3.6~4.8 mであった。本牧釣り公園施設においては、走錨により船舶が釣り棧橋に衝



図-8 本牧横浜港シンボルタワー周辺における護岸の倒壊

突し、崩壊した。さらに、管理事務所についても高波等により被災を受けるとともに建物内部への海水侵入（TP 5.2 m）がみられた（図-9）。護岸に関しては、横浜港シンボルタワー周辺と同様に、損壊が見られた。また、南本牧コンテナターミナルと首都高湾岸線を直結する臨港道路である南本牧はま道路に走錨した船舶が衝突し、被災した。

一方、横浜港口北側の大黒ふ頭においては、護



図-9 被災した本牧海釣り公園管理事務所

岸部の損壊は見られなかったが、越波によるフェンスの倒壊、また、隣接する海釣り公園管理事務所の窓ガラスが割れるなどの被害が生じた（図-10、TP 4.4 m）。この地点においては、フェンスの倒壊方向等より、卓越越波方向は護岸垂直方向からやや北寄り（東南東からの波）と推定された。



図-10 大黒ふ頭海釣り公園管理事務所前でのフェンスの倒壊

(3) 横須賀市夏島（44）、三笠公園（45）、および三笠公園以南（46～48）

夏島に位置する横須賀市リサイクルセンターにおいても被災が生じていた。高波浪により手すりが損壊したとともに、越流による草木が流出や洗掘が生じている個所が多々見られた。これら被災状況から、越流方向は護岸にほぼ垂直となる東南東からのものであると推定された。建物に見られたガラス破損位置はTP 4.6 mであった。

三笠公園では高波により護岸の一部が陥没し、また、公園内のコンクリートの階段が飛ばされ散乱していた（図-11）。加えて、管理者へのインタビューにより、護岸に高波が打ち付け、その波が戦艦三笠の甲板まで上がっていたことがわかった（TP 4.8 m）。

一方、三笠公園以南において調査を実施した新浦安港、走水漁港、観音崎公園では調査、および住民への聞き取りを実施した結果、被災は生じていないことがわかった。



図-11 三笠公園でのコンクリート階段の飛散

(4) 東京都若狭公園（1）、城南島海浜公園（2）

東京湾奥に位置する若洲公園では被災はなかったものの、護岸を越波した波の遡上痕が残っており、その高さはTP 2.2 mであった。また、城南島海浜公園においても若洲公園同様に被災はなかったものの、海岸には多くの瓦礫が堆積していた（図-12）。この遡上高はTP 1.3 mであった。東京湾奥に関しては、観測された遡上高は横浜に

て計測された値の半分程度であった。



図-12 東京都城南島海浜公園

4. まとめ

2019年9月に襲来した台風15号 (Faxai) による東京湾西部の沿岸被害調査結果を取りまとめた。台風経路は高潮が発生しやすい湾西側ではなかったこともあり、高潮そのものによる被害は少なかったが高波浪による被災が横浜を中心として生じた。この理由として、台風の大きさはコンパクトでありながら勢力が強かったことにより、台風の通過時に東京湾の東側と西側で対称的に風向が変化し、卓越する波も東北東から東南東まで幅を持っていたこと、また、富津岬の影響により、東南東からの風に対しては本牧以南でのみ長い吹送距離となり、横須賀以南では、東北東からの波が発達しづらくなることが考えられる。これらの結果、福浦から本牧までの範囲において波浪による外力が大きくなったことが推察された。ただし、より詳細な波浪の特性については、詳細な波浪推算に基づく分析が必要と考える。

このように、台風の特徴（大きさ、勢力）によって、また、台風経路等により生じる被災は異なることが示され、台風被害としては高潮のみならず、台風の特徴によっては高波浪に重きを置いた対応（対策）も必要であることが明らかになった。

謝辞

本稿は、土木学会海岸工学委員会、2019年台風15号 (Faxai) による沿岸被害調査団（東京大学田島教授、下園准教授、中央大学有川教授、渡部助教、港湾空港技術研究所鈴木氏、鶴田氏、川口氏、東京工業大学高木准教授、早稲田大学柴山教授、高島准教授、防衛大学鳴原准教授、および著者）による成果の一部である。また、調査においては多くの学生の皆様の協力もあり実施された。加えて、第二海堡の波浪データ（全国港湾海洋波浪情報網、NOWPHAS）は国土交通省港湾局より提供いただいた。ここに感謝の意を表す。最後に、本災害で被災された方々へお見舞いを申し上げるとともに、被災者の方々に哀悼の意を表します。

参考文献

- 1) 特集平成30年7月豪雨，消防防災の科学，No. 136，消防防災科学センター，2019.
- 2) 特集平成30年台風第21号，消防防災の科学，No. 137，消防防災科学センター，2019.
- 3) Mori, N., Yasuda, T., Arikawa, T. et al. : 2018 Typhoon Jebi post-event survey of coastal damage in the Kansai region, Japan, *Coastal Engineering Journal*, 1-17, 2019. doi.org/10.1080/21664250.2019.1619253
- 4) Shimozono T., Tajima, Y., Kumagai, K. et al. : Coastal impacts of super typhoon Hagibis on greater Tokyo and Shizuoka areas, Japan, *Coastal Engineering Journal*, 2020. doi.org/10.1080/21664250.2020.1744212.
- 5) 内閣府：令和元年台風第15号に係る被害状況等について，60p，2019. http://www.bousai.go.jp/updates/r1typhoon15/pdf/r1typhoon15_30.pdf
- 6) Knapp, K. R., Kruk, M. C., Levinson, D. H. et al. : The international best track archive for climate stewardship (IBTrACS) unifying tropical cyclone data, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91 (3), 363-376, 2010. doi.org/10.1175/2009BAMS2755.1
- 7) Suzuki, T., Tajima, Y., Watanabe M. et al. : Post-event survey of locally concentrated disaster due to 2019 Typhoon Faxai along the western shore of Tokyo Bay, Japan: *Coastal Engineering Japan*, 2020. doi.org/10.1080/21664250.2020.1738620.
- 8) 国土交通省港湾局：令和元年11月19日交通政策審議会第77回港湾分科会参考資料，2019.

□ 台風19号による洪水被害

東京理科大学理工学部土木工学科
教授 二瓶 泰雄

1. はじめに

令和元年10月6日に発生した台風19号(Habigis、その後、東日本台風と気象庁が命名¹⁾)は同月12日の19時に非常に強い勢力で日本に上陸し、関東甲信地方・東北地方の1都12県に大雨特別警報が発表された。その結果、東日本の広い範囲において、甚大な洪水氾濫・土砂災害が発生した。この台風により、全国で死者・行方不明者107名の甚大な被害が生じた。この中、250km²以上の洪水氾濫が発生した。2018年西日本豪雨の氾濫面積が185km²であったので、今次台風の洪水氾濫範囲が如何に大きいか分かる。このような氾濫をもたらした主要因は堤防決壊発生地点数が多かったためである。本稿では、台風19号による洪水被害の状況を報告する。

2. 降雨状況

気象庁は、台風19号上陸の一日前に、今次台風の説明に当たり「伊豆に加えて関東地方でも土砂災害が多発し、河川の氾濫が相次いだ、昭和33年の狩野川台風(台風22号)に匹敵する記録的な大雨」と述べた²⁾。台風19号の進路は、図-1に示すように、東海・関東地方から上陸し、太平洋沿岸に沿って東北地方を北上した。これは、1958年狩野川台風(台風22号)や過去のいくつかの台風と類似し、いずれの台風も東北地方にも大雨をもたらした。台風

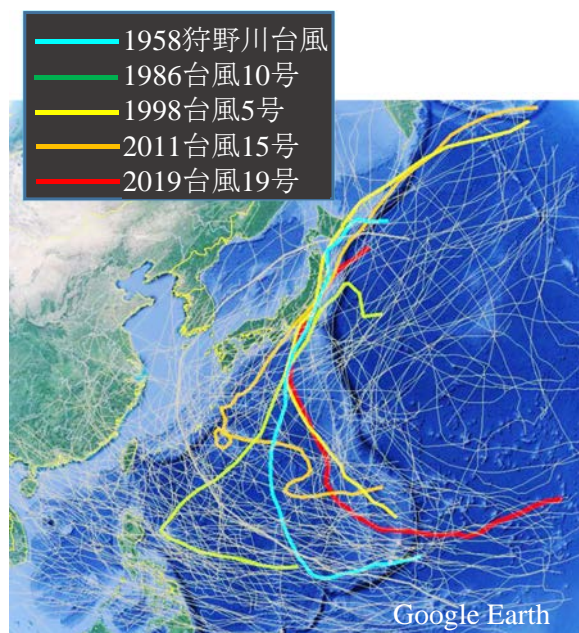


図-1 2019年台風19号と過去の台風の進路(福島大学・川越清樹教授作成図面に加筆)

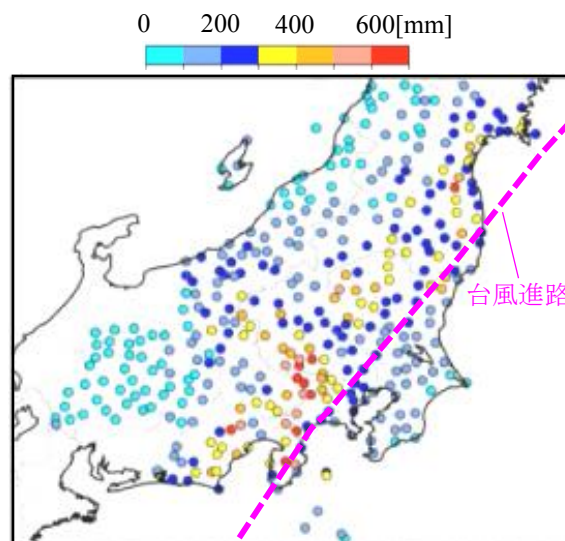


図-2 総降水量マップ(2019/10/11-13)と台風進路

19号の大きさを示す例えに「狩野川」という静岡県を流れる河川名がつけられた台風を挙げたため、静岡県から遠く離れた北信越地方や東北地方の住民には「今回の台風の影響は小さい」と誤解を与えた可能性がある。

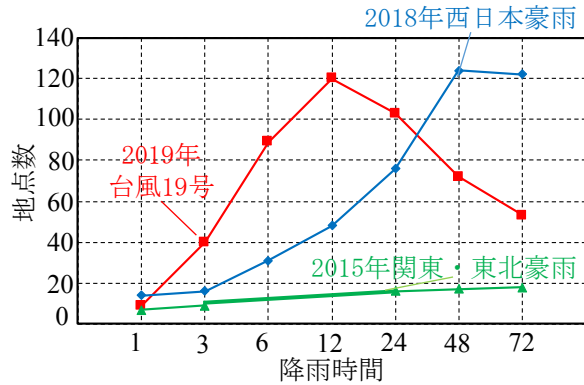


図-3 降雨継続時間毎の観測史上1位を更新したアメダス観測所数

台風19号によりもたらされた総降水量マップを図-2に示す。ここでは、アメダス気象観測所における2019/10/11～13の3日間雨量を図示する。これより、300mm以上の降水エリアが静岡県から宮城県まで帯状に分布し、概ね、台風進路の西側に位置している。これは、南海上からの湿った気流が山岳地帯にて上昇し、雨雲が発達するためである。台風19号の降雨特性の特徴を見るために、観測史上1位を更新したアメダス気象観測所の数を降雨継続時間毎に整理した結果を図-3に示す。ここでは、2015年関東・東北豪雨や2018年西日本豪雨の結果も示す。これより、2018年西日本豪雨は48、72時間がピークであり、長時間降雨が顕著であった。一方、台風19号では、更新した観測所数は6、12、24時間雨量で大きくなった。この台風19号は、全国のアメダス地点の日雨量が歴代2位（一位は2004年10月20日）であり³⁾、半日程度の短い間で、大量の雨が広範囲にもたらされたことが分かる。

3. 被害の全体像

2019年台風19号による人的・建物被害をまとめた結果⁴⁾を図-4に示す。ここでは、近年の代表的な水害である2018年西日本豪雨と2015年関東・東北豪雨も対象とし、人的被害として死者・行方不明者、建物被害として全壊・半壊・一部損壊・床上浸水・床下浸水をそれぞれ表示している。これより、死者・行方不明者の和としては、2018年西日本豪雨（245名）の方が台風19号（107名）よりも大きい。また、建物被害の総和は台風19号（101,673棟）の方が2018年西日本豪雨（50,470棟）の約2倍となっている。2015年関東・東北豪雨は、他2つの豪雨災害と比べて人的・建物被害共に小さい。このように台風19号は、建物被害が突出しており、それは浸水範囲が非常に広がったためである（現段階で正確な数値は公表されていないが、氾濫面積は少なくとも250km²以上であり、2018年西日本豪雨の1.4倍以上である）。

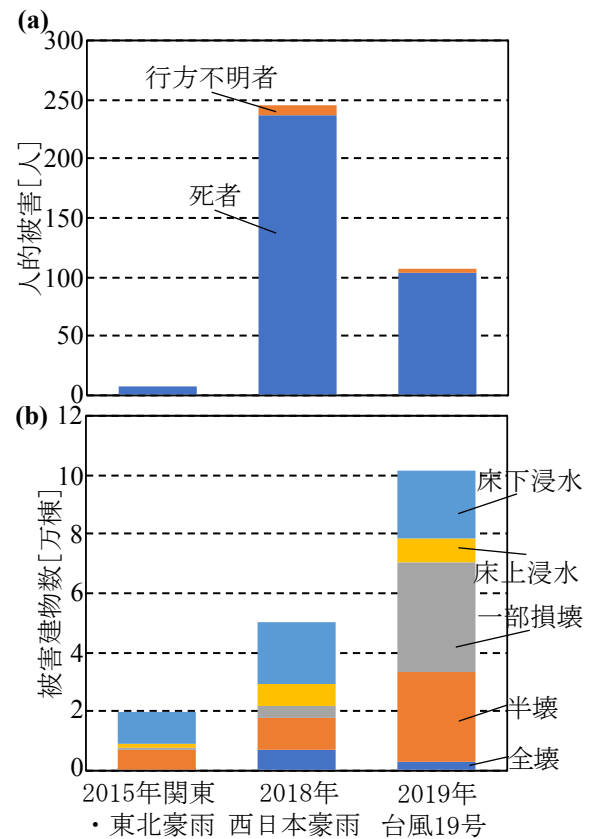


図-4 人的・建物被害状況

4. 河川堤防の決壊状況

このような広域の氾濫をもたらした主要因は、各地で河川の堤防決壊が発生したためである。堤防決壊は、図-5に示すように、東北地方（宮城・福島県）、関東地方（茨城・栃木・埼玉県）、北信越地方（新潟・長野県）の非常に広い範囲に確認され、堤防決壊が発生した河川数は71、地点数は142であった⁵⁾。堤防決壊地点数を水系別に整理した結果を表-1に示す。ここでは、一級水系は個別に示し、二級水系はまとめた合計値を表示している。また、各水系の国・県管理別や本川・支川別に示している。これより、決壊142地点のうち、国管理は14、県管理は128であり、県管理区間の発生が全体の90%を占めている。水系別には、二級水系よりも一級水系において決壊が集中し、特に阿武隈川水系が53地点（国管理1、県管理52）と全体の中で突出している。53地点のうち、阿武隈川本川では7地点（国管理1、県管理6）のみであり、多くが支川で発生しているといえる。このように、決壊地点は県管理区間の支川に集中しており、特に福島県と宮城県が突出していることが大きな特徴といえる。

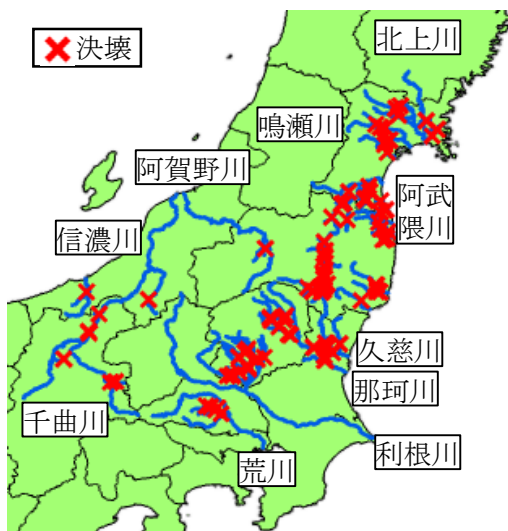


図-5 台風19号による堤防決壊地点マップ

表-1 水系別堤防決壊地点数（台風19号）

水系名	全体	国		県	
		本川	支川	本川	支川
北上川水系	8				8
鳴瀬川水系	7		1		6
阿武隈川水系	53	1		6	46
信濃川水系	8	1			7
関川水系	1				1
久慈川水系	7	3		1	3
那珂川水系	14	3			11
利根川水系	18				18
荒川水系	7		5		2
二級水系	19			16	3
小計	142	14		128	

(2) 堤防決壊要因

国管理区間においては、堤防決壊後より堤防調査委員会が立ちあげられ、決壊要因の究明が行われた。それらの結果を踏まえて、国交省⁶⁾によりまとめられた決壊要因を図-6に示す。ここでは、140地点における決壊要因として、越水、侵食、浸透、その他に分類している。これより、越水が85.7%（120地点）と最も大きくなっている。侵食や浸透はそれぞれ8.6%（12地点）、1.4%（2地点）に過ぎない。過去の決壊事例を整理した結果より、堤防決壊の8割は越水であると指摘されているので、今回の台風19号も同様の傾向となっていると言える。

国交省では、2015年関東・東北豪雨による鬼怒川の堤防決壊を受けて、越水対策である「危機管理型ハード対策」を始めた⁷⁾。これは、堤防の天端舗装や裏のり尻にブロック工を敷設するものである。台風19号では、危機管理型ハード対策が施された箇所でも越水による決壊を回避した事例が都幾川で確認された⁶⁾。このように危機管理型ハード対策が一定の効果を発揮した形と言える。

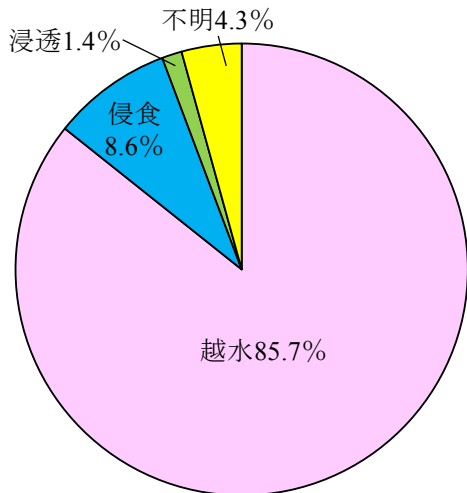


図-6 堤防決壊要因 (台風19号)⁶⁾

(3) 堤防決壊地点数の報告状況

決壊を防ぐ堤防強化技術だけでなく、危機管理上は「いつ堤防が決壊したか」を把握（モニタリング）することは極めて重要である。発災後から日々国交省が公表する被害状況⁸⁾に基づいて、堤防決壊地点数の報告状況の推移を図-7に示す。これより、国管理区間では、発災から一日後(10/14)で12地点の報告がなされた。一方、県管理区間では、決壊地点報告数は10/14時点で40しかなかったが、最終的な128地点となったのは10/23と発災から約10日たった後であった。このように、決壊の把握には時間がかかり、特に県管理区間で顕著であった。住民の避難行動を考えると「リアルタイムに決壊を把握する」ことは最低限であるが、県管理区間はもとより、国管理区間でも特に夜間は不十分と言わざるを得ない。このため、堤防管理の効率化を踏まえた堤防変状・決壊状況モニタリング技術の開発と展開は喫緊の課題である。

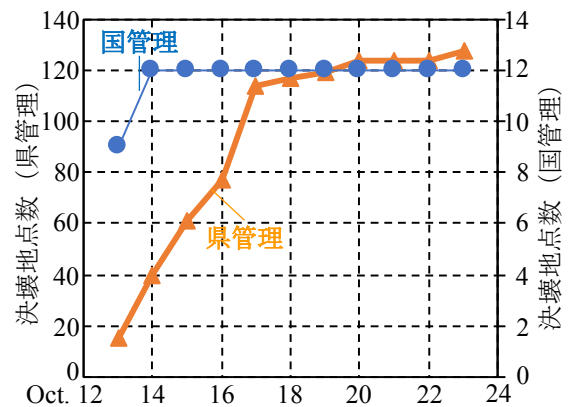


図-7 台風19号による決壊地点数の報告状況

(4) 堤防決壊発生数の経年変化⁹⁾

近年の堤防決壊発生回数の経年変化を図-8に示す。ここでは、水害レポート（国交省）や各種災害調査報告書に基づいて、堤防決壊事例を収集し、決壊した河川数や地点数を年毎に整理したものである⁹⁾。データを取得できた2000年から2019年までを図示している（2002、2003年はデータ欠測）。これより、堤防決壊した河川数・地点数の全体は共に経年的に上昇トレンドとなっており、特に2015年、2018年、2019年が大きい。2015年は関東・東北豪雨、2018年は西日本豪雨、2019年は台風19号による豪雨が発生したためである。2019年の台風19号により71河川・142箇所の堤防決壊数は、河川数は7.7年分、地点数は10.1年分に相当し、台風19号豪雨災害のインパクトの大きさが分かる。

近年、気候変動により、短時間雨量が経年的に増加していることが多く報告されている。降雨量の増加が河川水位に及ぼす影響を検討した結果を図-9に示す。ここでは、洪水氾濫に直接関与する河川水位データとして、河川計画上の水位（計画高水位、HWL）を超過した水位観測所数を1000地点あたりに換算した値の経年変化とその近似曲線も図示する。これより、HWL超過地点数に関しては、全体的には、1980年代から1990年代までは減少傾向、2000年代から2010年代にかけて増加傾向が見取れ、近似曲線でその様子は明確である。河川整備は着実に進んでいるため、その効果

で1990年代までの HWL 超過地点数の減少となっている。一方、近年（2000年代→2010年代）の増加傾向は、気候変動の進展に伴う雨の降り方の変化を反映している。これより、治水事業の整備スピードと比べて、気候変動に伴う洪水外力(雨量)の増加が上回っている可能性が示唆される。このように、気候変動に伴う河川水位の上昇が、越水の発生リスクを上昇させ、結果として決壊箇所の増加に寄与しているものと考えられる。

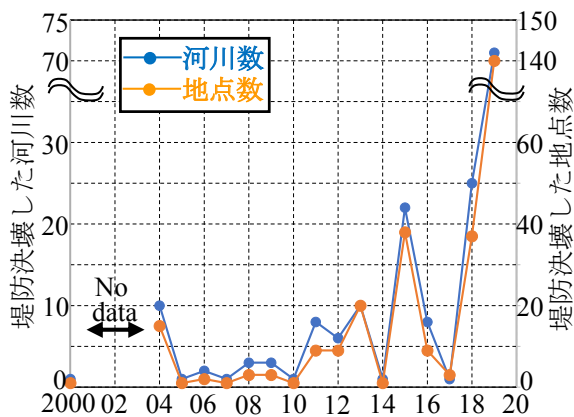


図-8 堤防決壊発生数の経年変化

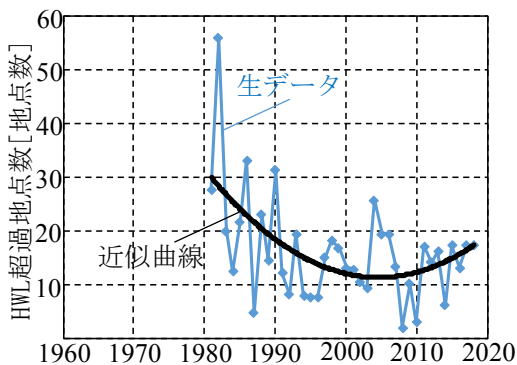


図-9 HWL を超過した水位観測所数（1000地点当りに換算）の経年変化

5. 洪水氾濫状況

(1) 荒川流域

台風19号では、各地の一級河川で洪水氾濫が発生したが、首都圏を流れる荒川では、比較的広範囲の氾濫が発生した。荒川は、埼玉県と東京都を流域に抱える一級河川であり、流域面積2940km²、流域人口は975万人（全国3位）である。台風19号により、荒川水系で最も大きな支川の入間川流域（流域面積721km²）の越辺川・都幾川の計7地点（国管理5、県管理2）にて堤防決壊が発生し、入間川流域を中心に、氾濫面積約31km²、氾濫水量約3000万m³の洪水氾濫が発生した（図-10）。浸水は決壊地点周辺のみならず、それ以外のエリアでも発生しており、越辺川・都幾川等からの外水氾濫に加えて、内水氾濫も同時に発生していることが分かる（図-11(a)）。ただ、荒川本川の越水や堤防決壊は起こっていない。これは、荒川本川流域に整備されたダム群や調節地の洪水調節効果が発揮されたためである。具体的には、上流ダム群により約4,500万m³を貯留すると共に、荒川第一調節地（図-11(b)）で約3,500万m³、計8,000万m³も貯留した⁶⁾。このような洪水調節施設の治水対策効果は利根川や鶴見川、中川でも見られた。

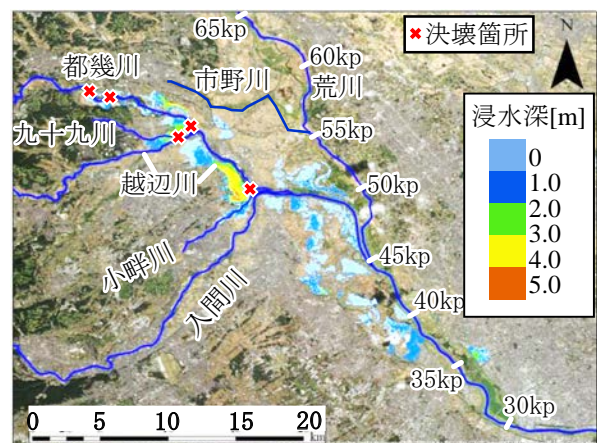


図-10 荒川流域における浸水深マップ



(a) 入間川合流点付近



(b) 荒川第一調節池

図-11 荒川流域の洪水の様子 (10/13 11時頃、著者がヘリより撮影)

(2) 千曲川流域

千曲川では、11か所の越水・溢水、1か所（長野県長野市穂保地区、57.5k 左岸）の堤防決壊が発生し、甚大な浸水被害が発生した。千曲川流域における氾濫状況の様子を図-12に示す。これは発災当日の10/13 10時頃に上空のヘリコプターより撮影された。千曲川左岸57.5kpの決壊地点の真上から見ると（同図(a)）、堤防決壊地点から河川水が堤内地側に氾濫しており、堤防決壊幅は70mに達した。また、堤防の裏のり面側が決壊地点上下流の広範囲にわたり侵食されており、越水の発生が伺える。千曲川右岸上空から決壊地点周辺を見ると（同図(b)）、左岸側ではあたり一面浸水しており、浸水範囲は非常に広いことが分かる。決壊時間は13日3時から5時半の間と推定されて

おり、決壊から5～7時間でこれだけの広範囲に氾濫水が広がったことが分かる。この氾濫域内には、北陸新幹線の線路や車両基地が含まれており、新幹線車両が水没している様子が確認された（同図(c)）。決壊地点は狭窄部の上流側に位置しているが、この狭窄部による河川水位の上昇が越水・決壊の一因になったと考えられる（同図(d)）

6. さいごに

本稿では台風19号による洪水被害の特徴を指摘した。気候変動が顕在化しつつある中、2019年台風19号は「特別な」台風ではなく、「よくある」台風と思い、水害のためのハード・ソフト対策を行う方がよい。原稿執筆時点（2020年4月）では、世界中に新型コロナウイルスの感染が広がるパンデミックとなり、日本全国に緊急事態宣言が発令されている。3密（密閉・密接・密集）を避けて生活をしなければいけない中で、豪雨災害が毎年のように発生すれば避難行動に大きな制約が生まれることは容易に想像がつく。河川整備には時間とお金がかかるため、すぐに治水整備レベルが向上できるわけではないので、一人一人が例年以上に豪雨災害発生時にどう行動するかを真剣に考えるときが来ている。

参考文献

- 1) 気象庁：令和元年に顕著な災害をもたらした台風の名称について、https://www.jma.go.jp/jma/press/2002/19a/20200219_typhoonname.html（閲覧日：令和2年4月17日）。
- 2) 気象庁：台風第19号について（10月11日）、<https://www.jma.go.jp/jma/press/1910/11b/201910111100.html>（閲覧日：令和2年4月17日）。
- 3) 気象庁：令和元年台風第19号とそれに伴う大雨などの特徴・要因について（速報）、https://www.jma.go.jp/jma/press/1910/24a/20191024_mechanism.html，（閲覧日：令和2年4月17日）。
- 4) 内閣府：令和元年台風第19号等に係る被害状況等について（令和2年4月10日9時00分現在）、<http://www.bousai.go.jp/updates/r1typhoon19/pdf/>



図-12 千曲川流域における洪水氾濫の様子（ヘリより10/13 10時台に撮影）

- r1typhoon19_45.pdf（閲覧日：令和2年4月17日）.
- 5) 国土交通省：堤防決壊箇所一覧（4月8日12:00時点），https://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_191012.html（閲覧日：令和2年4月12日）.
 - 6) 国交省社会資本整備審議会河川分科会 気候変動を踏まえた水災害対策検討小委員会：第3回資料3 ハザードの制御を中心としたハード対策について，http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_

- blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/kikouhendou_suigai/1/index.html（閲覧日：R2年4月19日）.
- 7) 国土交通省水管理・国土保全局：水防災意識社会 再構築ビジョン，2015.
 - 8) 本間升一朗・片岡智哉・二瓶泰雄：地震・洪水複合災害発生状況の事例解析，土木学会論文集 B 1（水工学），Vol.75，2019.

□2019年台風19号等による犠牲者は どのような場所で発生したか

静岡大学防災総合センター

牛山 素行

1. 2019年の風水害による人的被害

2019年は晩秋近くまでの間、洪水・土砂災害（以下では風水害と略記する）による死者・行方不明者（以下では犠牲者と略称する場合がある）数が極めて少なく推移した。10月上旬までに犠牲者を生じた風水害を、令和元年版消防白書を元に挙げると以下となる。

- ① 6月29日～7月4日の梅雨前線による大雨（鹿児島県2人）
- ② 8月6日の台風8号（大分県1人）
- ③ 8月15日～16日の台風10号（兵庫県1人、広島県1人）
- ④ 8月27日～28日の前線による大雨（福岡県1人、佐賀県3人）
- ⑤ 9月9日の台風15号（東京都1人）
- ⑥ 9月22日～23日の台風17号（長野県1人、沖縄県1人）

事例④では福岡・佐賀・長崎県内の一部に当たる40市町村に大雨特別警報が発表され（よく誤解があるが特別警報は都道府県単位ではなく市町村単位で発表される）、佐賀県を中心に浸水被害などが生じた。また、事例⑤では、千葉県内を中心に暴風による長期の停電や、一部損壊を中心に数万棟規模の家屋被害が生じた。けっして「風水害がなかった」訳ではないのだが、年間の犠牲者数

は10月上旬時点で12人程度にとどまり、当時筆者はこのまま推移してくれば、今年の風水害犠牲者は1994年の12人以来の記録的な少なさで終わるかもしれない、という期待を抱いていた。

しかし、残念ながら10月12日に日本に上陸した台風19号（令和元年東日本台風）で犠牲者89人（2020年1月10日消防庁資料）、10月25日の千葉県などでの大雨で同13人が生じ、令和元年版消防白書を元にした暫定集計値では、年間の犠牲者数は114人に上ってしまった。もし台風19号がもう少し東側の進路をとっていれば、2019年の風水害犠牲者は二十数人にとどまったかもしれない。自然の複雑さ、難しさをあらためて感じさせられる。

図1は、消防庁資料（地方防災行政の現況、及び消防白書）による1980年代以降の日本の風水害による死者・行方不明者数と主な家屋被害（全壊・半壊・床上浸水の合計）の経年変化である。多くの人が誤解しているが、近年、大雨の頻度にはやや増加の傾向が見られるが、風水害の「被害」は減少傾向といってよい。たとえば1980年代に対する2010年代の平均値の比は、死者・行方不明者数が0.77倍、主な家屋被害が0.59倍である。2019年の犠牲者114人は少なくはないが、図1中の40年間では上位8位であり、突出して多い数でもない。

無論、今後のことも含め安心してよいということではない。こうした減少傾向がなぜ見られるの

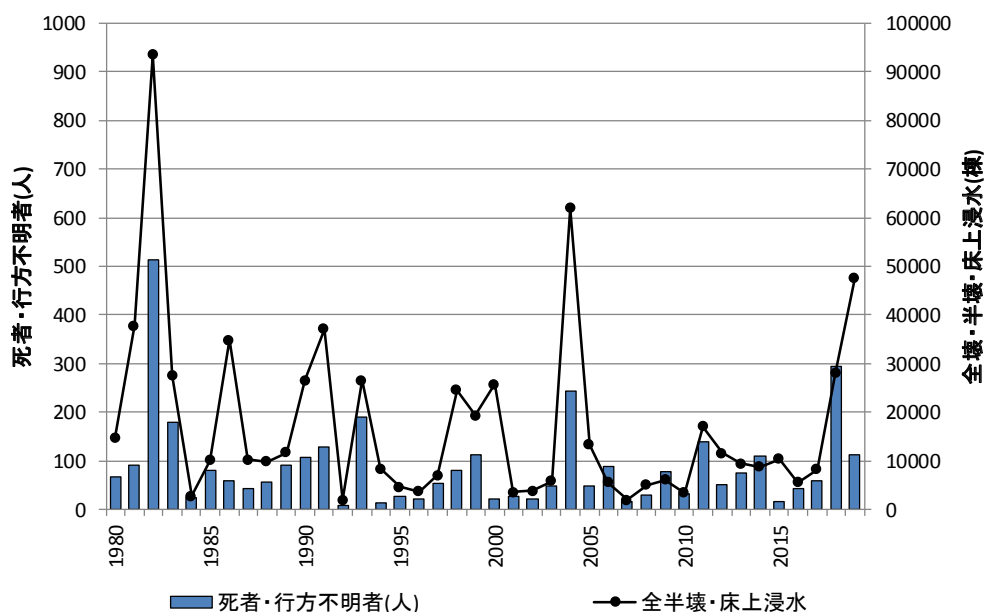


図1 日本の風水害による被害の経年変化（消防庁資料をもとに筆者集計）

か、因果関係を明示することは難しいが、様々な防災対策の積み重ねとも推定される。特に、堤防整備等のハード対策により、中小規模の洪水や土砂災害が軽減されている可能性がある。しかし、ハード整備が行われたとしても、個々の場所が、地形的に洪水、土砂災害に見舞われやすい場所であるという事は変わらない。

前置きが長くなったが、以下では、洪水や土砂災害による人的被害は基本的には「起こりうる場所で、起こりうることで発生する」ものである、という観点から、2019年台風19号及び10月25日の大雨による人的被害発生場所の特徴について述べてみたい。

2. 2019年台風19号および10月25日の大雨による犠牲者

2.1 利用資料

筆者は最近約20年間の風水害犠牲者について継続的分析を行ってきた（牛山、2020など）。調査対象は、総務省消防庁が「災害情報」で公表している台風・大雨関係事例による犠牲者（近年は発生市町村名と人数のみ）である。対象犠牲者に関

する詳しい情報を、新聞記事、現地調査などをもとに整理分類し、「高精度位置情報付き風水害人的被害データベース」を構築している。本稿では集計の都合上2019年12月2日時点の消防庁資料（消防庁、2019）による台風19号による犠牲者88人（関連死者1人を含む）、10月25日の大雨による犠牲者13人の計101人（以下では「台風19号等」と略記）を対象とした。ちなみに、2020年4月10日現在の消防庁資料では関連死者が7人だが、直接死者と行方不明者の合計は100人で変化はない。なお、2020年4月現在も筆者はデータ整理中であり、今後ここで示す集計結果の数値は変化する可能性がある。比較対象とした既往風水害の犠牲者は、1999～2018年の1259人（以下では「1999-2018」）である。

2.2 原因外力別の犠牲者数

まず、原因外力別の犠牲者数は（図2）、1999-2018では「土砂」が相対的に多く46%（580人）で、「洪水」23%（285人）、「河川」19%（242人）の順となる。「洪水」、「河川」は筆者独自の分類で、「洪水」が河川からあふれた水に起因する犠牲者、「河川」が増水した河川等に接近して転落などした犠

犠牲者である。台風19号等では「洪水」が53%を占め、「河川」と合わせると71%となる。近年の風水害と比べ、水関係犠牲者の比率がかなり高かったことが台風19号等の特徴である。

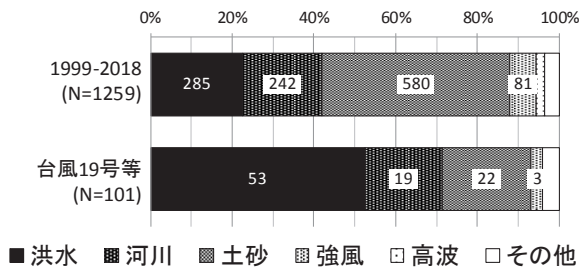


図2 原因外力別の犠牲者数

2.3 犠牲者発生場所と土砂災害危険箇所

「土砂」犠牲者の内、発生位置を番地程度の精度で推定できたものについて、国土交通省「重ねるハザードマップ」を元にその場所が土砂災害危険箇所（土石流危険渓流、急傾斜地崩壊危険箇所、地すべり危険箇所）の範囲内かどうかを検討した結果が図3である。なお、「範囲近傍」とは、発生場所が土砂災害危険箇所の範囲外だが概ね30m以内に位置しているケースで、図上の誤差の範囲内と考えて良い。また、「土砂災害警戒区域」を検討対象としていないが、土砂災害警戒区域は未整備の地域があることから、全国的に整備されている土砂災害危険箇所を検討対象としたものである。

1999-2018では、土砂災害犠牲者の87%が土砂災害危険箇所の「範囲内」「範囲近傍」で発生しているが、台風19号等では45%にとどまる。土砂災害危険箇所「範囲外」の犠牲者数が比較的多かったことが台風19号等の特色とも言える。ただし、台風19号等では土砂災害犠牲者が比較的小なく、今回特異な傾向が見られたかどうかはなんとも言えない。過去20年間全体で見れば、一般的な傾向としては、土砂災害犠牲者の多くは土砂災害危険箇所付近で発生していると考えて良いだろう。

台風19号等で「範囲外」となった犠牲者は、付

近の勾配が比較的緩かったり、土砂が流れる谷の規模が小さいなど、がけ崩れ・土石流の影響を比較的受けにくい場所で発生したケースが目立った。こうしたケースは1999-2018の犠牲者中でも見られており、今回初めて発生したものではない。自然現象であり、当然例外的なことは起こりうることはあらためて注意しておきたい。

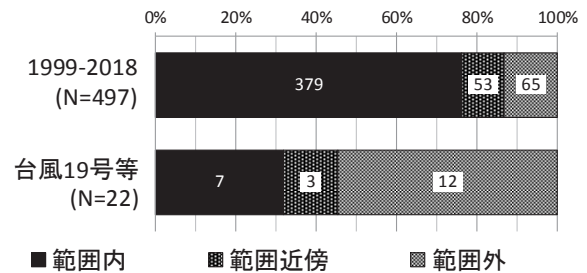


図3 土砂災害危険箇所の範囲内外別の犠牲者数

2.4 犠牲者発生場所と浸水想定区域

「土砂」犠牲者と同様に、「洪水」「河川」犠牲者についても、発生位置を推定できたものを対象に洪水等の危険箇所との関係を検討した。ここでは国土交通省「重ねるハザードマップ」を元に、その場所が浸水想定区域（計画規模）または浸水想定区域（想定最大）の「範囲内」かどうかを検討した（図4）。なお被害が多かった福島県いわき市は「重ねるハザードマップ」では浸水想定区域がないが、公表はされているので、市発行のハザードマップを参照した。

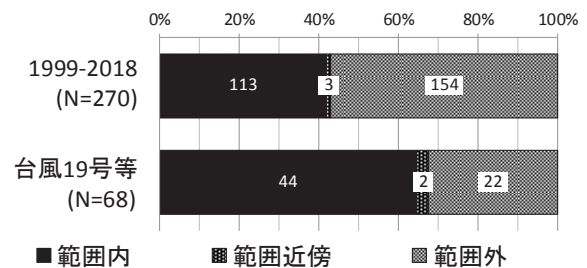


図4 浸水想定区域の範囲内外別の犠牲者数

1999-2018では「範囲内」「範囲近傍」の合計が43%にとどまり、「土砂」犠牲者とは傾向が異なる。これは、土砂災害危険箇所等は、地形情報を

元に全国的に整備されているのに対し、浸水想定区域は河川単位で整備され、中小河川は整備が進んでいない事の影響が考えられる。台風19号等では、「範囲内」「範囲近傍」の犠牲者が68%と比較的多かったが、それでも土砂災害の一般的な傾向と比べれば「範囲外」がやや多い。

2.5 犠牲者発生場所と地形

「洪水」「河川」犠牲者について浸水想定区域の「範囲外」での発生が目立つからと言って、これら犠牲者が「洪水が起こると予想もできない場所で多発している」わけではない。我々の身の回りの地形は、山地、台地、低地に大きく分類できる。地形分類でいう低地とは「標高×m以下の土地」ではなく、河川や海面とあまり高さの変わらない低平なところを示す。たとえば長野県の諏訪湖は湖面の標高が759mだが、その周囲には低地が広

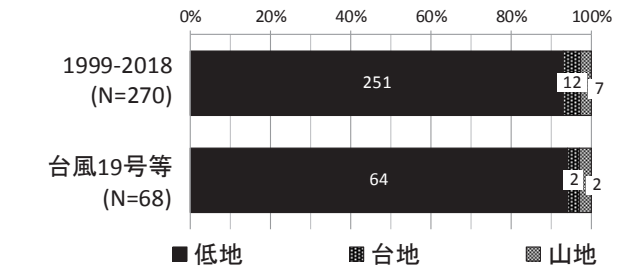


図5 地形別「洪水」「河川」犠牲者数

がる。低地は、現在でも河川などの水によって形成が行われている場所であり、洪水が起こりうる場所である。

「重ねるハザードマップ」で参照可能な、「地形分類（自然地形）」、「土地分類調査」および筆者の読図により、犠牲者の発生場所と地形分類との関係を集計した結果が図5である。1999-2018では93%、台風19号等も94%と、「洪水」「河川」犠牲者の圧倒的多数は、地形的に洪水の影響を受け



図6 浸水想定区域・地形情報と「洪水」犠牲者発生位置



写真1 A地点付近



写真2 D地点付近

うる「低地」で発生していることが分かる。

浸水想定区域の情報と、地形分類の情報を比較した例として図6、写真1、写真2を挙げる。図の範囲で4人の「洪水」犠牲者（図中A～D）が発生している。浸水想定区域の情報だけでは、Aが「範囲内」、Bが「範囲近傍」だが、CとDは「範囲外」となってしまう。しかし、地形分類の情報を使えば、A～Dはいずれも地形的に洪水が起こりうる「低地」（氾濫平野、自然堤防）であることがわかる。

一方、地形分類の情報には課題もある。まず、整備地域に限られることである。空間的な精度がやや落ちる縮尺5万分の1スケールなら本州以南ではほぼ整備されているが、縮尺2万5千分の1スケールの図は平野部、都市部周辺に限定される。また、長年にわたり様々な作成体系で整備されてきたことなどから、同じ地域を対象とした地形分類図でも分類結果が変わってしまうといった現象がしばしば見られる。

一例を図7に挙げる。この図中には、西（図中左）から東に向かって屈曲する河川が流れ、河川に沿って平らな地形が続いている。北側（図中上側）と南側は異なる図幅で、それぞれ別の時期に整備されたものである。河川沿いの平らな地形は、明らかに連続した地形だが、北側の図では低地（谷底平野）、南側では台地（下位砂礫段丘）に分類される。こうした情報を見慣れている人であれば、いずれの地形も大きく性質が異なる場所ではないことは理解できるが、この情報が機械的に処理されると、北側だけが「危険」、南側は「安全」と解釈される懸念もある。このように、地形分類の情報は、現状では広く一般の人に対して利用を呼びかけられる状況ではない面がある。有益な情報であることは確かだが、その活用にあたっては、こうした情報を読み解ける人材の育成など、さらなる工夫が必要だろう。



図7 同一の地形が異なる地形分類になっている例

4. おわりに

2019年台風19号と10月25日の大雨、いずれにおいても、洪水・土砂災害犠牲者は、「まさかこんなところ」で多数発生しているのではなく、主に「起こりうる場所」で発生していることがあらためて痛感させられた。ただし、自然現象は複雑であり例外的なことは当然起こりうる。また、現時点では洪水・土砂災害の「被害」に増加傾向は見られないが、将来のことは不透明であり、社会の脆弱性が変化している部分もありうる。とはいえ、本稿で示したように、全く予想もつかないような人的被害が次々に発生している状況とはいいたくない。ハザードマップ等の情報の整備が飛躍的に進んでいることは、現代ならではのメリットである。どこで、どのような災害が起こりうるかを理解しておくことがますます重要になっている。

引用文献

牛山素行：豪雨による人的被害発生場所と災害リスク情報の関係について，自然災害科学，Vol38，No.4，pp.487-502，2020.

総務省消防庁：令和元年台風第19号及び前線による大雨による被害及び消防機関等の対応状況（第60報），<https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/taihuu19gou60.pdf>，（2019年12月2日参照）。

□ 令和元年台風15号による強風被害

— 風速60 m/sの世界でどのようにして身を守るか —

防衛大学校地球海洋学科

教授 小林 文明

令和元年9月首都圏を直撃した台風15号により、関東南部はこれまでに経験したことのない甚大な被害に見舞われた。平成30年の台風21号は、戦後近代的な大都市となった大阪が経験する初めての“非常に強い”台風であった。これらの台風でいったい何が起こったのかを振り返り、強風災害からどのように身を守ればよいかを考える。

令和元年台風15号 (Faxai)

令和元年台風15号 (T1915、アジア名ファクサイ) は、2019年9月8日21時頃神津島付近で再発達し、955 hPaの“非常に強い (最大風速44 m/s以上54 m/s未満)”勢力のまま9日03時頃三浦半島を通過し、

960 hPaで千葉市に上陸した。台風が非常に強い勢力のまま関東に接近したのは珍しく、関西を襲った台風21号 (T1821) に次いで、

今度は首都圏が強風に曝された。関東近海で再発達したことから、東京島嶼部から関東南部で特に暴風による被害が発生した。神津島村で58.1 m/s、千葉市中央区で57.5 m/sを記録するなど、これまでの最大瞬間風速を更新するような強風が観測された。台風15号に伴う住宅被害は、全壊219棟、半壊2,126棟、一部破損39,828棟となっており (消防庁、2019年10月10日現在)、全壊と半壊数はT1821の数を一桁上回る結果となった。また、住家だけでなく、特に房総半島では送配電設備、農業施設、樹木等が広域で甚大な被害に見舞われた (図1)。停電の長期化、鉄道の計画運休再開が月曜日の朝と重なり混乱を極めたことなど社会的にも大きな影響が生じた。



図1 台風15号による房総半島における被害 (小林文明撮影)

被害に直結する突風が台風内のどこで生じたかを調べたのが図2であり、突風の空間分布を台風進行方向に相対的な位置で示したものである。ここで議論する突風（地点）とは、最大瞬間風速が30 m/s以上を観測した気象官署（○印）と顕著な地上被害（□印）を指す。さらに、上空のレーダエコー強度（濃いグレーが強エコー（48 mm/h以上）、薄いグレーが中程度のエコー（12～48 mm/h）、白抜きが弱エコー（12 mm/h未満））も併せて記してある。この図から台風15号に伴う突風は、台風中心から半径50 km以内に集中し、すべての方向にまんべんなく分布していたことがわかる。一般に、台風に伴う強風、突風は、台風の東側（危険半円）で比較的広範囲（半径100 km以上）に分布することが多いが、本事例では一般的な傾向とは大きく異なる結果となった。これは、台風15号がコンパクトで、暴風域の最大半径が約110 kmと狭かった点、台風の渦構造を維持したまま上陸した点が強く寄与していたと考えられる。上空のエコー強度との関係を見ると、台風の進行方向右側で強エコーに伴う突風が集中していた。

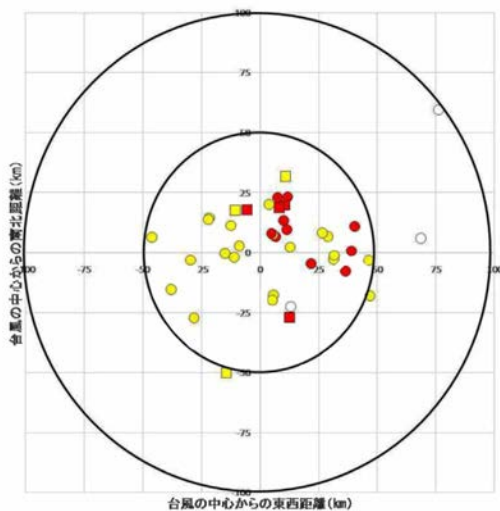


図2 令和元年台風15号に伴う突風の発生場所（○：最大瞬間風速30 m/s以上の地点、□：顕著な地上被害）と上空のエコー強度（濃いグレー：降雨強度48 mm/h以上の強エコー、薄いグレー：12～48 mm/hの中程度のエコー、白抜き：12 mm/h未満の弱エコー）。台風の進行方向に相対的な位置で示してある。

これは、台風中心の右側でレインバンド（台風の中心向かって伸びる積乱雲の列をレインバンドとよぶ）が発達したことに対応している。

平成30年台風21号（Jebi）

台風15号の1年前、平成30年の台風21号は大阪、和歌山を中心に近畿圏に暴風をもたらした。平成30年台風21号（T1821、アジア名チェビー）は、8月28日南鳥島近海で発生し31日09時には915 hPaに達し、“猛烈な（最大風速54 m/s以上）”勢力に発達した。9月4日12時に徳島県南部に上陸した後、紀伊水道をぬけて4日14時には神戸市に再上陸した。台風21号に伴い四国、近畿から北海道に至る広範囲で強風が観測され、各地で住宅の屋根や工事中足場の倒壊などの被害が発生した。特に、近畿圏では、関空島（大阪府泉南郡）で58.1 m/s、和歌山（和歌山市）で57.4 m/s、室戸岬（高知県室戸市）で55.3 m/sを記録するなど、これまでの最大瞬間風速を更新するような強風が観測された。さらに、大阪湾では高潮による被害も顕著であった。台風21号による人的被害は、死者が1府4県で14人、負傷者は900人を超えた。住宅被害は、全壊26棟、半壊189棟、一部破損50,082棟（内大阪府が42,735棟）となっており（内閣府、2018年10月2日現在）、激甚災害に指定された。

台風が“非常に強い”勢力のまま上陸したのは、1993年の台風13号（Yancy、中心気圧930 hPaで九州薩摩半島に上陸）以来25年ぶりであった。非常に強い台風が大阪など大都市を襲ったのは稀であり、最大瞬間風速が50 m/sを超える強風に大都市が曝されたのも初めて経験といえる。その結果、数10台の車の横転、1,000本を超える電柱の倒壊、40,000棟を超える住宅被害など、我々のこれまでの経験と想像を絶する被害件数を目の当たりにした。マンションなど頑丈な建物に居ても、飛散物により死亡事例が報告されるなど、あるレ

ベルの風速を超えると、絶対安全な場所はないことを再認識した。

この二つの台風は、いずれも最大瞬間風速が60 m/s 近い強風を有していた。風速60 m/s という値は、ちょうど耐風設計の基準風速であり、実在の都市で何が起こるかを実大スケールで検証する結果となった。今回の被害の多くは、構造物自体の風に対する耐力というより、①老朽化（経年変化）と②飛散物がその原因としてキーワードに挙げられた。

令和元年台風19号（Hagibis）に伴って市原市で発生した竜巻

台風19号（T1919、アジア名ハジビス）は、発生直後に“急速強化”し大型で猛烈な勢力に発達した後、2019年10月12日19時前に強い勢力で伊豆半島に上陸し、関東地方を通過した。東日本では台風の上陸する前から、台風北側の雨雲により地形性降雨が強化された結果、総降水量は東日本を中心に17地点で500ミリを超えるなど、記録的な大雨となった。

台風19号が上陸する半日前の12日8時すぎに、千葉県市原市内で竜巻が発生した。戸建て住宅の倒壊や変形、車両、配電柱、樹木、ネットフェンス等に竜巻特有の被害がみられ、運転中の方が1名亡くなった。気象庁の発表では、最大風速は55 m/s と推定され、日本版改良フジタスケール（Japan Enhanced Fujita scale）でJEF2（53～66 m/s）と認定された。

台風、ハリケーン、サイクロンに伴い、その内部や周辺でしばしば竜巻の発生が確認されている。大きな渦（台風）の中に小さな渦（竜巻）が存在するというのは分かりにくいかも知れないが、少なくともわが国では、台風に伴う竜巻は竜巻全体の1/4を占め、温帯低気圧に次いで2番目であり、実態としては結構起こりやすい現象といえる。これまでの研究から、台風に伴う竜巻は、台風の進

行方向右側でかつ、台風の中心から比較的離れた場所で発生しやすいことがわかっている。竜巻の発生場所を台風の中心に対して相対位置で表すと、台風の東側に集中しており、台風の中心から半径100 km から600 km くらい離れた場所で、レインバンドに伴い発生している（図3）。台風の中心から1000 km 以上離れて発生した事例もあるように、決して発生場所が決まっているわけではない。台風の中心付近、“台風之眼”の周囲に形成される壁雲で竜巻がどの程度発生するかは、未だよくわかっていない。

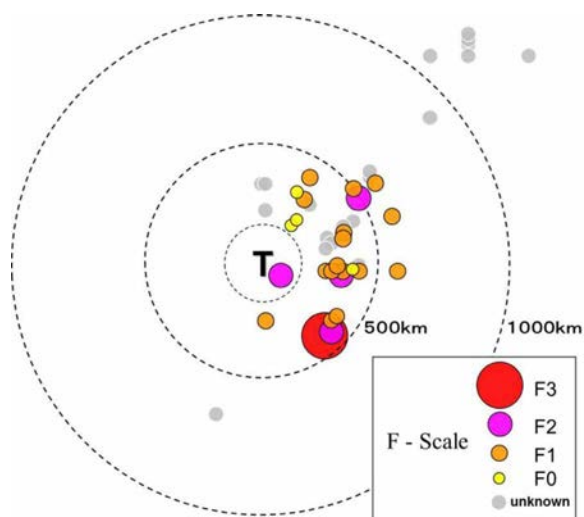


図3 台風に伴う竜巻のFスケール別の発生場所。発生した竜巻の台風中心（T）からの相対的な位置で示している。

台風に伴う竜巻は、台風からはるか離れた場所、台風の暴風域に入る半日前や1日前に、まだ晴れ間が見える時に発生するため、人的な被害が拡大しやすい。まだ風もそれほど強くなく、晴れ間が見えている、台風に備えて片付けや買い物をしようとしている時に竜巻に襲われるのである。人的被害の生じた竜巻の中で、台風に伴う竜巻は全体の半数以上に当たり、9月に突出している（図4）。台風に伴う竜巻で人的被害が多い理由は、次の4点に要約される。

- ① F2クラスなど比較的強い竜巻が多い。
- ② 一度に多くの竜巻が発生する。

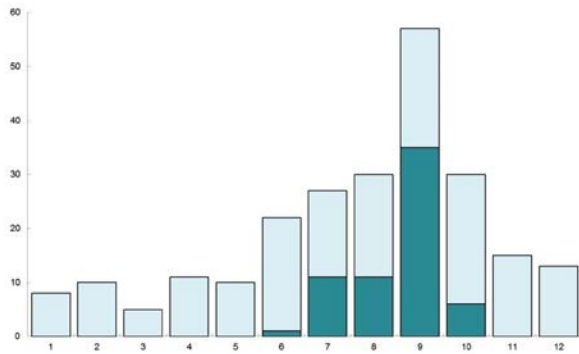


図4 人的被害が生じた竜巻の月別頻度 (濃い色は台風による竜巻)

- ③ 台風の中心付近や暴風域から離れたレインバンドで生じる。
- ④ そのため晴れ間が見え台風に備えて買い物や家の補強中に不意を突かれる。

台風にも「絶対安全」はない！

竜巻渦の直径は数10 m～数100 m と、大気現象としてはマイクロなスケールであるが、その風速は100 m/sを超えることもあり、自然界で最も大きな風速を生み出すマシーンといえる。最強クラスの竜巻では、空から馬や車が降ってくるなど“ミステリー”が起り、頑丈な建物でもなすすべがない。つまり、最強クラスの竜巻には、地上で「絶対安全」な場所はない。竜巻の怖さは、単に強い風速で構造物が破壊されるだけでなく、破壊された物が飛散物として渦を巻き、次の家屋を破壊していくという破壊の連鎖が続く点にあり、重さが何kgもある木片やトタンなどが、家の壁を突き破る凶器となるケースも多い。そのため竜巻による飛散物は“ミサイル”とよばれている。

今回の台風被害から、風速があるレベル (50 m/s) を超えると、人口密集地で何が起こるのかを学んだ。つまり、大阪や房総半島の広範囲で、あたかも数10個の竜巻が同時に発生したかの如くの被害であった。個々の被害は、風工学的には予想されたものではあったが、都市のいたる場所で同時多発的に被害が発生することで、結果的に

に都市機能がマヒしてしまった。都市には足場や看板など仮設構造物が想像以上に多く存在している。破壊の連鎖を防ぐためには、飛散物を出さないことが重要となる。つまり、私たちは飛散物によって被害者になるだけでなく、飛散物を出す加害者にもなり得るということを再認識すべきである。実際に、飛散物の直撃や家の中に居て飛散物が窓ガラスを突き破ってきたことで亡くなっている。台風15号で鉄道や道路の再開を阻んだのが、仮設構造物の倒壊、飛散、樹木被害、送配電施設の被害であった。

近い将来、台風の通過時には一旦都市機能を止め、通過後すぐにスイッチをオンにすれば都市機能が再開できるのが理想であろう。個人個人も、台風や発達した低気圧の接近時に、例えばベランダのスリッパを室内に入れるというような普段からの強風災害に対する意識、心がけが防災に対しては重要になる。

台風に伴う突風と一口にいっても、台風本体の風、積乱雲に伴う風、地形による増幅効果、都市の構造による増減などさまざまな風が含まれる。例えば、夏の暑さを解消するために都市計画で作った“風の道”を台風の強風が吹き抜けて被害が増大した事例もみられた。自分たちの住んでいる街における“風速60 m/sの世界”を考える時期に来ている。

参考文献

- 小林文明ほか, 2019: 台風1821号 (JEBI) がもたらした広域強風災害について, 日本風工学会誌, 44, 44-53
- 小林文明ほか, 2020: 台風1915号 (FAXAI) がもたらした強風災害について, 日本風工学会誌, 45, 30-39
- 小林文明ほか, 2019: 台風21号に伴う突風と落雷の空間分布, 「平成30年台風21号による強風・高潮災害の総合研究」, 平成30年度科学研究費・特別促進費研究成果報告書, 1-37-42
- 小林文明, 2014: 竜巻 メカニズム・被害・身の守り方 (成山堂), 151pp
- 小林文明, NHK そなえる防災 HP「落雷・突風」



令和元年台風15号（房総半島台風）への 千葉県の対応と課題

東京経済大学名誉教授 吉井博明

はじめに

このところ台風や集中豪雨が日本を次々に襲っている。昨年は台風15号、19号、21号が立て続けに来襲し、各地に甚大な被害をもたらした。本稿では、台風15号に対する千葉県の対応実態とその背景に焦点を当て、災害対応の課題について考えてみたい。

台風15号は、9月5日に南鳥島付近で発生し、その後、9月7日午前9時には中心気圧が970hPa、9月8日午前9時には960hPaまで低下した。気象庁は、台風来襲の直前、9月8日午前11時から緊急記者会見を開き「最大瞬間風速が60m/sの記録的な暴風になる恐れがある」、「昨年の台風21号と同様の被害が出る恐れがある」などと述べて最大級の警戒を呼びかけた。台風は、同日午後9時には、中心気圧が955hPaとさらに低下し、翌9月9日午前3時前に三浦半島を通過、同午前5時前に千葉市付近に上陸した。

この台風による千葉県内の降水量は、多いところで230mm程度（9月8日10時～9日24時）に留まったが、最大瞬間風速は千葉市で57.5m/s、木更津市で49.0m/s、館山市で48.8m/sを記録するなど各地で記録的な暴風（千葉県内10箇所で観測史上1位）となった。一昨年の台風21号に似た風台風だったのである。

この台風による千葉県内の被害（令和2年3月



令和元年台風15号による被災家屋の様子

5日現在）は、死者2名（いずれも災害関連死）、負傷者84名と人的被害は少なかったが、暴風による屋根の被害が多く、住家被害は全壊404棟、半壊4,216棟、一部損壊69,787棟に達した。また、避難者はピーク時（9月11日午前11時）でも1,163名と少なく、被災した自宅に留まった人が多かったものと推察される。他方、ライフライン、特に電力網の被害は深刻で、千葉県内のほとんどの市町村で停電が発生し、9月9日午前8時段階で64万戸が停電していた。しかも倒木等の影響により復旧が大幅に遅れ2週間後の9月22日午後10時段階でも約2,300戸で停電が続いた。この間、東電による復旧見通しは9月10日夜の「今夜中に約12万件まで縮小する見込み。9月11日中の全面復旧を目指す」という発表から、翌11日の「9月13日以降にずれ込む」へ、さらには9月13日の「最長

で概ね2週間程度で復旧させる」へと大幅に遅れ、混乱を招いた。このような停電の長期化が、一部地区で断水や通信障害をもたらし、被災者の生活復旧を大幅に遅らせることになった。

今回の災害で千葉県が直面した課題は、厳しい残暑の中、暴風による屋根の被害と停電の長期化で様々な困難に直面している被災県民をどう支援するかであった。この間の千葉県の対応を検証する（注）中で特に大きくクローズアップされた問題は、1) 初動体制確立の遅れ、2) 知事による陣頭指揮（リーダーシップ）の欠如、3) 支援物資や自衛隊派遣をめぐる県と市町村の連携不足という3点である。以下それぞれについて述べることにする。

1. 初動体制確立の遅れ

千葉県が災害対策本部（以下、災对本部と呼ぶ）を設置したのは、台風来襲の翌日9月10日午前9時であった。しかし、千葉県下54市町村中18市町村は、すでに台風来襲の当日午前までに災对本部を設置していた。なぜ県の災对本部設置が遅れたのか。直接的な原因は県地域防災計画の設置基準にある。風水害の場合は、地震とは異なり、災对本部の自動設置基準はなく、「県内の市町村において、災害救助法の適用基準に達する程度の被害の発生するおそれがある場合等で、本部長が必要と認めたとき」という基準が定められていた。救助法の適用は基本的に人口に応じた住家滅失世帯数で決まるので、住家被害がわからなければ設置の判断は難しい。ただし、救助法適用の例外規定とも言うべき4号基準（＝多数の者が生命又は身体に危害を受け又は受ける恐れがある場合）を思い切って適用することは可能であったが、県はすぐにはこの基準の適用をしなかった。

災对本部設置の遅れだけでなく、設置後の事務局体制も問題であった。地域防災計画によれば、災对本部設置後は第1配備体制を敷き、各部局か

ら要員を集め全庁的体制をとることになっていたが、規定通りの配備指令を伝達することなく、本部事務局の人員体制が不十分なまま（防災危機管理部の職員だけで）9月14日まで対応にあたっていた。これは単純な連絡ミスとも言われるが、防災危機管理部の中だけでも対応可能（状況に応じて逐次増員すればよい）という考えもあったと推察される。加えて、被害が大きかった房総半島南部の館山市や鋸南町などへのリエゾン派遣（被害情報等の収集が主な任務）も9月13日と大幅に遅れてしまった。リエゾン派遣は、地域防災計画の規定で「市町村が被災状況の報告を行うことができなくなった場合」と定められていたが、県と市町村間の通信は防災電話などにより何とか維持されていたため、すぐには派遣しなかったと言う。県がリエゾン要員を事前指名していなかったため調整に時間がかかったことも遅れの一因である。

初動におけるこれらの失敗の背景には、甘い状況認識という共通の要因があったと考えられる。では、なぜ甘い状況認識をもつに至ったのであろうか。

第1に台風上陸の直前、9月8日午前11時に行われた気象庁の緊急記者会見の内容を把握していなかったことが挙げられる（県が情報収集体制を敷いたのは、同日の12時58分）。把握していたのは、銚子地方気象台からメールで送られてきた同日午前11時発表の台風説明用解説資料で、県は「この台風の雲域は比較的小さい」と読み取った。この情報に基づき県は台風による被害を楽観的に受け止め、危機感を持たなかったようである。実際、同日16時に発表された鉄道の計画運休情報を入手した後も配備の強化（情報収集体制の一段上の配備である、災害警戒体制への移行）もしなかった。

第2に発災直後の9月9日に県の防災情報システムを通じて入ってきた市町村からの被害情報の読み違いがある。被災市町村からの被害情報は、県防災情報システムを通じて、入手すること

になっており、入手した情報を元に県は被害報をとりまとめている。これによると、9月9日20時の段階においても死者0名、負傷者20名、全壊1棟、半壊0棟、一部損壊189棟に留まっている。この情報から県幹部は被害は全体として軽く少ないと思ひ込んだようである。実際は、その後急速に増加し、9月21日には1万棟を突破し、現時点（3月5日現在）では7万棟近くに達している。このような被害の増加傾向を予想することができず、被害は軽くしかも少ないと思ひ込んでしまったのである。もし、気象庁の緊急記者会見で話された前年の台風21号による大阪府の被害状況を確認していれば、大阪府でも発災当日夜の住家被害が一部損壊200棟弱に留まっていたが、最終的に6万6千棟まで膨らんでいることを見つけることができたのではないかと考えられる。また、被害量が把握できない場合に重要となる、定性的情報（数は不明だが、多くの住家の屋根が飛ばされているなど）を電話等で積極的に収集していれば、より正確な被害状況の把握ができたのではないかと考えられる。

第3にヘリコプターによる上空からの被害状況把握にも失敗したことが挙げられる。9月9日、千葉県警ヘリによる被災地の映像配信を受けたが、映像が不鮮明で被害状況を把握することができなかった。

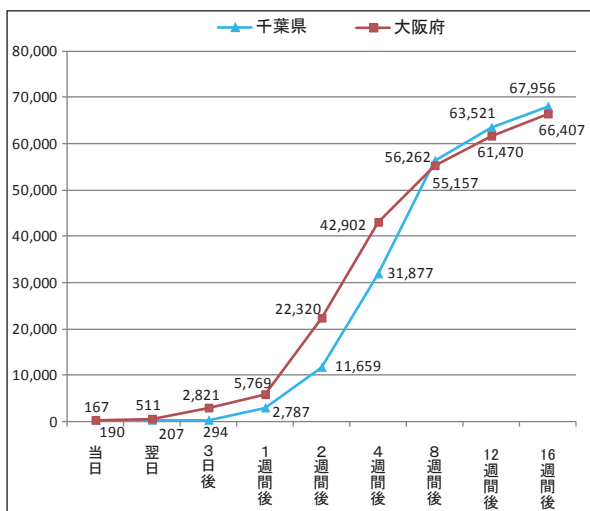


図1

第4に台風通過直後63万件にも及ぶ大規模停電が発生し、停電対応がこの災害における最大の課題と考えたことが挙げられる。大規模停電とそれに伴う断水の発生により病院等から電源車や給水車等の要請が次々と入り、その手配・調整等の個別対応に忙殺され、知事から「全容把握につながる情報収集」を指示されたが、手が回らなかったようである。

多くの不完全かつ部分的な被災情報が飛び交う中で、どのように情報を総合し分析したかという問題についても指摘しておきたい。9月9日当日には、市原ゴルフ練習場の支柱倒壊によるけが人発生の情報や送電鉄塔が倒壊した映像など暴風による厳しい被害の発生を示唆する情報もテレビ等から入ってきていたが、これらは全体の被害状況認識に大きな影響を及ぼしていない。厳しい被害を示唆する情報と、(広域停電はあるが)被害は軽く少ないという矛盾する情報をどう総合したかと言えば、軽く少ないという楽観的な状況認識に傾いてしまったのである。この背景には、千葉県が過去に経験した台風災害が軽かったことから来る経験の逆機能や正常性バイアスなどの認知バイアスが働いた可能性がある。

不確実性が高い初動期においては、積極的被害(救援)情報収集が何よりも重要になるが、千葉県は、受け身の情報収集に終始したことが、初動対応の遅れをもたらしたと言えよう。

2. 知事の陣頭指揮（リーダーシップ）の欠如

知事の災害前後の行動や発言も大きな社会的注目を浴びた。知事は、9月8日、県内全域に暴風警報が発令されている中で、都内の会議に出席した。9月9日は公邸に留まり、登庁しなかった。また、9月10日の第1回災対本部会議で「全庁一丸となって対応すること」と指示した直後、陣頭指揮を執ることなく、自宅の様子を見に県庁を離

れた。さらに、9月11日と9月13日の昼間にも公務外で公舎を離れた。これらの一連の行動が社会的な批判を浴びたのである。

知事のこのような行動の背景には、危機意識の欠如と災害時の知事の役割認識に関する「誤解」があったと考えられる。危機意識の欠如は、本部事務局等から報告される被災情報にも原因があるが、トップとしてはプロアクティブの原則に則り、受け身ではなく積極的な情報収集と最悪事態を想定した対応を明確に指示すべきであった。

災害直後は、状況がはっきりせず、不確実性が高い。そのような状況の下でのトップの役割は、まさに陣頭指揮である。部下から上がってきた提案を了承するだけのボトムアップ型対応ではうまくいかないことが多く、トップダウン型の対応が強く求められるのである。まずは、全庁体制を敷き（配備を確認し）、状況（被害等）をしっかりと把握すること、その上で被災県民の命と生活を守るために何をすべきかを判断し、先頭に立って行動することが期待されている。しかし、知事は平常時と同様に秘書課を通じて状況を把握し、指示を出すという間接的コミュニケーションに基づく意思決定に終始した。また、災对本部会議も各一部局報告の後に知事からの指示事項を伝えてお開きになるという報告会的（ほとんど情報共有のための会議）運営をしている。マスメディアを通じて被災県民を励まし、県が全力を挙げて対応していることを語りかけることもほとんどしていない。さらに、被災市町村長と電話で直接やりとりすることもほとんどなかった（ホットラインがなかった）。基本的に各一部局から上がってくる対応を了承するだけの役割に留まったのである。

知事が危機管理の基本を修得し自ら陣頭指揮ができるようになるか、危機発生時に知事の代理として陣頭指揮に任たる危機管理監を置く必要があるのではないか。

3. 支援物資や自衛隊派遣をめぐる県と市町村の連携不足

県は市町村を通じて被災者への支援を行う。このため両者の連携がきわめて重要であるが、今回の災害では、多くの課題が顕在化した。特に支援物資の提供と自衛隊派遣については、連携がうまくいかない事例が多くみられた。

今回の災害時に、市町村が住民等に提供した支援物資等のうち特に対応に苦慮したものはブルー（防水）シートと非常用電源であった。ブルー（防水）シートの要請を受けた県はすぐに提供しようとしたが、協定先の運送業者にトラックの空きがなく輸送できず、市町村に県の備蓄倉庫まで取りに来てもらわざるを得ないという予想外の問題が発生した。住民対応に追われる市町村は、貴重な人手とトラックの確保に奔走せざるを得ない状況になったのである。

また、県は468台の発電機を備蓄していたが、実際の市町村の利用は6台に留まった。県の備蓄物資に関する情報（物資の種類・性能、量、備蓄場所等）が市町村と共有できていなかったことが原因と考えられる。県は今後、これらの問題解決に向けて、輸送業者との協定の見直しや県の物資備蓄情報の市町村との共有、さらにはプッシュ型支援についても検討を進めることになっている。

県と市町村との連携不足は、自衛隊派遣についても生じた。今回、自衛隊は、給水、患者搬送、倒木伐採、入浴、ブルーシート展張（自力でできない人のみ）という5つの領域の支援を行ったが、市町村アンケートによると、自衛隊派遣要請に対する県の対応について、14市町村が「多少問題あり」と「問題あり」と回答している。具体的には、「自衛隊派遣要請を県に受けてもらえなかった」、「派遣決定や作業開始まで時間を要した」、「手続きが煩雑」などといった問題である。これらの問題指摘の背景にあるのが、自衛隊派遣の3要件（公共性、緊急性、非代替性）に関する共通理解

の欠如である。たとえば、給水に関しては、水道事業者間での相互応援協定や県が保有する給水車などがあり、これらによる給水が難しい場合（非代替性）に限って自衛隊派遣要請ができるが、この要件に関する共通理解が不十分だったことから問題が発生したと考えられる。また、ブルーシート展張については、公共性の観点から自力で展張ができない、独居老人、高齢者夫婦、障害者等のみ対象としたが、この線引きに関する共通認識が必ずしも十分ではなかったようである。今後は、事前に県、市町村、自衛隊の間で自衛隊派遣要件に関する認識のすり合わせを一層図っていく必要がある。

おわりに

台風15号による千葉県の大災害は、県のほぼ全域で一部損壊程度の被害の大量発生に長期停電が加わった複合災害であった。それまでの千葉県の災害経験と言え、地震によって2～3の市町村で激甚な災害が発生するという狭域激甚型災害であったので、今回の災害は、千葉県にとっては「想定外」の災害だったと言えよう。その意味で今回の災害では、千葉県の災害対応力（応用力）が試されたのである。その結果は、本稿でも一部紹介したように、多くの課題が浮かび上がった。今後は、この教訓をしっかりと学び災害対応力の抜本的強化を図り、今回とは異なる型の災害にも十分備えることを強く期待したい。

（注）千葉県「令和元年房総半島台風等への対応に関する検証報告書」令和2年3月24日

連載講座

第46回

忠誠心には消防責任も — 徳川光圀 —

作家 童門冬二

江戸時代は“火事と喧嘩は江戸の華”などといわれることもあった。その火事に深い関心を持ち、常に防火意識を忘れなかったのが徳川光圀（水戸黄門）だ。かれはすぐれた国学者であり漢学にも長じていた。

時の将軍は徳川綱吉（5代目）で儒学の造詣が深かった。“生類憐みの令”を出したので評判が悪い。が、あれは末端の役人が庶民いじめにパワハラの悪用をしたため、綱吉自身は儒教による“生きとし生きるものの生命尊重”を主張したので、人間よりも犬を大事にせよ、等とはしていない。

その綱吉が誰よりも信頼し、国政運営や武士の在り方の相談相手にしたのが光圀だ。大名には隔年の参勤と交代が義務づけられていたが、水戸藩主である光圀は交代が許されない。参勤ばかりでいつも江戸に在住させられた。綱吉が放さないからだ。だから諸国を漫遊している時間なんかない。黄門漫遊記は全くの虚構である。

光圀は“振袖火事”とよばれる明暦の大火に大きなショックを受けた。物的なものよりも精神的な打撃が大きかった。かれが師事していた幕府の大学頭（現在の文科相）林羅山が、この火災のために急死してしまったからだ。自分で集め、あるいは幕府の書庫から借り、あるいは家康以来将軍から下賜された貴重な書物の一切が灰になってしまったからだ。羅山は呆然とした。焼跡に立ち尽し、見舞にきた光圀に「私もこれで終りだ」と告

げ、数日後に死んでしまった。光圀は大学者の生命を奪う火災の恐ろしさを身に沁みて知った。

かれはそのころ「大日本史」の編さんに努力していた。佐々介三郎宗淳・安積寛胆泊等（助さん、格さんのモデル）の高名な学者を集め事業に協力させていた。編さんの局を水戸藩の江戸上屋敷（東京都文京区・東京ドームの隣）に置いていた。将来また起るかもしれない火災に備えて、幕府に要請し神田上水を裂いてその分流を藩邸内に通じさせてもらった。同時に江戸藩邸詰の家臣たちに、「くれぐれも火の用心を怠らぬように」と命じた。林羅山と同じように、「大日本史」編さんのために集めた資料が山と積んであり、中には諸国の大名・寺社・幕府の書庫等から借りたものも沢山あったからだ。

「羅山先生と同じ思いをしたくない」

それが光圀の偽わらざる気持だった。しかしこれは光圀ひとりではできない。江戸藩邸にいる全家臣がその気にならなければならない。そんなことは自明の理だ。

が、そういう意識を持たせる上で、それを妨げる障壁があった。それも光圀自身が設けたものだ。何かといえば、「大日本史編さん員たちへの特別優遇措置」である。編さん員たちに対し光圀は、

- 1 ゆるやかな勤怠
- 2 午睡
- 3 午後の間食
- 4 午後の入浴

5 夕暮の飲酒

等を認めていた。編さん員以外の藩士は目を剥いた。特に午後の間食づくりは拒まれた。光圀の伯父徳川義直（尾張藩主。家康の九男）の推せんで光圀の師となった李舜水（明からの亡命学者）が持ちこんだ中華うどん（ラーメン）が多かった。編さん員は自分たちで作った。そのため庭で火を焚く。それでなくとも編さん員たちは不要の資料、書き損じの原稿を毎日庭で燃やす。火の気が絶えない。それに風呂。

「防火、防火といいながら、火元は殿（光圀）の足元にいる。どういっておつもりなのだ？」

一般の藩士たちはそう語り合った。それが光圀の耳に入らぬはずはない。光圀は殊更に口を酸っぱくして、

「火に気をつけよ」

と注意しつづけた。

大名の参勤と、その妻と世子（相続人）を人質として住ませるために、幕府は各大名に敷地と下屋敷を貸与した。藩邸といった。普通は上屋敷と下屋敷だ。上屋敷は公的な使用に使われ下屋敷は私的な使用に使われる。だから上屋敷は大名の江戸役所、下屋敷は別荘とあっていい。それぞれ重臣が管理責任者になっていた。

水戸徳川家では上屋敷の管理責任には江戸家老が充てられていたが、実態は光圀が自在に支配していた。下屋敷は藤井という武士が光圀から管理を命ぜられていた。光圀は親しい来客があると、下屋敷へ連れて行って能・狂言を舞うことがある。藤井はその相手が出来、また光圀の心を付度する才能に長けているので重く用いられていた。

ある日、編さん員が庭で書き損じの原稿を燃やしていると、突然風が襲った。燃えていた紙が宙に舞い編さん局に舞い込んだ。一带は書物を主に紙の山だ。すぐ火が移った。

「火事だ！」

たちまち大騒ぎになる。しかし慌てない者もい

て、

「まず資料を運び出そう。懸け替えのない物から先に」

と的確な声をあげる。編さん員たちは研究者ばかりだからその辺の分別はつく。つまり順位についての基準は持っている。たちまち基準が作られて資料はそれに従って運び出される。手際はよかった。しかしその間に火はどんどん家の中を焼いて行く。編さん員は顔を見合わせ、眉を寄せた。一様に、

（資料は助かるが家屋は燃えてしまう）

そんな時に鋭い叫び声をあげながら数人の集団が飛びこんできた。先頭に立っているのは下屋敷の責任者藤井だ。こういう修羅場にも経験があるらしく、数人の部下に的確な指示を与え火を消し始めた。手際がいいので火はたちまち大人しくなり、火勢は弱まった。

やがて出入りの鳶（とび）（火消し職人）が駆けつけたが、火は大体鎮っていた。いきさつを知って皆藤井の活躍を褒めた。

江戸家老が光圀に、

「忠義な男です。声を掛けてやって下さい」

といった。藤井も遠くの方でこっちを見ている。光圀の褒め言葉を期待しているのだ。その姿をチラと見ただけで光圀は何もいわずに焼け残った書庫に入った。江戸家老が不審な表情で従ってきた。「殿、藤井に」というと光圀は首を横に振ってこう応じた。

「藤井は褒めない。なぜここへきた？ 畠守の間に下屋敷に何かあったらどうする？」

「しかし藤井は殿への忠誠心一途で」

「わしへの忠誠心は私だ。下屋敷を守るのが藤井に与えられた公だ。藤井は公を捨てて私に走った。だから褒めぬ」

江戸家老はそんなややこしいことをいったって、というような表情をした。

昔読んだ本にある黄門様のクールなエピソードだ。ずっと頭の隅にこびりついている。

地域防災実戦ノウハウ (103)

— 2019年台風15号、19号災害の教訓・課題(その2) —

Blog 防災・危機管理トレーニング
(<http://bousai-navi.air-nifty.com/training/>)

主宰 日野宗門
(消防大学校 客員教授)

(前号からの続き)

3. 台風15号(令和元年房総半島台風)における千葉県の初動対応に係る問題

台風15号は図5に示す経路をたどり、千葉県内に記録的な暴風をもたらしました。

その結果、表3に示すように、千葉県内の気象庁風速観測地点(15地点)で最大瞬間風速は13地点、最大風速は11地点で観測史上1位を更新しました^(※)。

※ 前号では、東京管区気象台の「速報」をもとに、それぞれ10地点、9地点と記載しましたが、表3では気象庁HPの「過去の気象データ検索」に記載されている確定値を採用しました。

この暴風により2019年9月9日午前8時頃には、最大64万1千軒の大規模停電とそれに伴う広範囲に渡る断水が発生しました。また、2020年3月19日現在の人的被害は死者(災害関連死)2人、重傷11人、軽傷73人であり、住家被害は全壊409棟、半壊4,281棟、一部損壊71,624棟と甚大なものとなっています。

台風15号への対応をめぐる千葉県に対し初動対応の遅れなど様々な意見や批判が寄せられたこと等を踏まえ、県は検証体制を設置して対応の検証と今後の改善方向を議論してきました。その結果が、2020年3月24日に「令和元年房総半島台風等への対応に関する検証報告書」としてまとめら

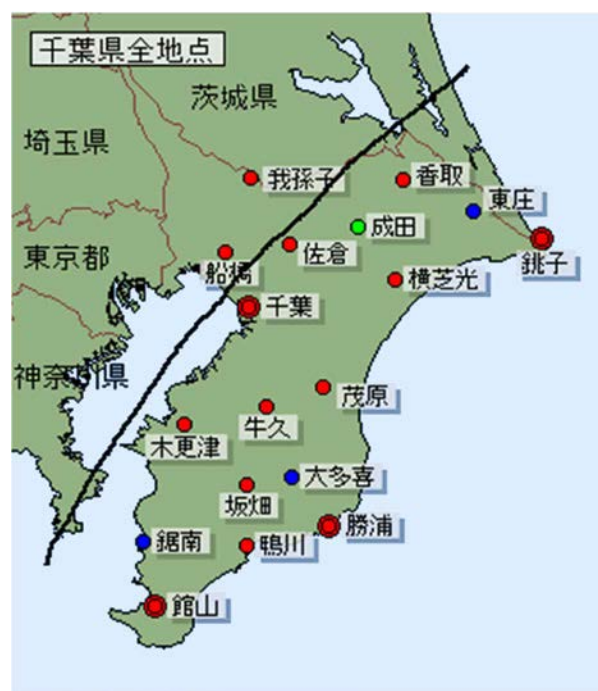


図5 千葉県内の気象庁観測地点と台風15号の経路
(左下から右上に引かれた線)

(注) 気象庁観測地点図(気象庁)の上に、「令和元年 台風第15号に関する気象速報」(東京管区気象台)を参考に筆者が台風経路を手書きした。

れました。

本稿では、この検証報告書(以下「報告書」)で重点的に検討されている以下の2点について掘り下げて考察します。

- ① 災害対策本部設置前の体制は適切であったか
- ② 災害対策本部の設置時期は適切であったか

表3 千葉県内の気象観測地点の最大瞬間風速、最大風速、観測史上順位等

観測地点 (低緯度順)	最大瞬間風速			最大風速	
	最大瞬間風速 (m/s)	観測時分 ^(注)	観測史上 順位	最大風速 (m/s)	観測史上 順位
館山	48.8	9/9 02:40	1	28.4	1
鴨川	35.6	03:40	1	20.7	1
勝浦	40.8	04:30	1	29.5	3
坂畑	33.6	03:20	1	12.8	1
木更津	49.0	02:50	1	23.2	1
牛久	33.9	04:30	1	16.2	1
茂原	34.3	04:50	1	17.2	1
千葉	57.5	04:30	1	35.9	1
横芝光	37.5	05:30	1	20.9	1
船橋	22.9	04:30	2	9.6	2
佐倉	33.9	05:10	1	17.7	3
銚子	40.4	07:10	7	-	-
成田	45.8	05:40	1	29.6	1
香取	37.0	06:20	1	22.3	1
我孫子	29.2	04:40	1	16.0	1

(注) 表記時刻ジャストに最大瞬間風速が観測されたということではなく、表記時刻の前10分内に観測されたことを意味する。

(出典)「過去の気象データ検索」(気象庁HP)

(1) 「災害対策本部設置前の体制は適切であったか」について

表4に台風15号の上陸前後の9月8日～10日の気象庁(気象台)・台風の動き及び千葉県の対応を整理しました。

この表に示すように、千葉県では9月10日9:00の災害対策本部設置までは「情報収集体制」で対応しました。報告書ではこれを次のように不適切だったとしています。

『台風の進路や暴風域を伴っていたこと、鉄道の計画運休(9月8日16:00発表)などの状況を踏まえ、一段階上の配備である「災害警戒体制」を敷き、「応急対策本部」の設置についても検討すべきであった。』

筆者は、この指摘は妥当と考えます。

しかし、実際は指摘されたような体制を敷くこ

とができませんでした。その理由を報告書では以下のように分析しています。

『9月8日(日)午前11時の気象庁による緊急記者会見で「関東地方で瞬間最大風速60mの猛烈な風が吹く可能性」を指摘していたが、当該情報をリアルタイムで入手しておらず、「この台風の雲域は比較的小さい(銚子地方気象台9月8日11時報)」との発表の印象から、災害発生の恐れへの危機感が薄かった。』

この分析は以下の点で大変気になります。

まず、気象庁の11:00の緊急記者会見での情報をリアルタイムで入手していないことを問題視していますが、9月8日のこの時点(上陸の18時間前)ではリアルタイム性はさほど重要ではなく、昼のニュースや気象庁サイトをチェックすれば済む話です。たとえ12:58の情報収集体制の設置前

であっても台風接近中のことでもありそれなりの要員がいたはずですから、この作業は可能だったと思われませんが、報告書にはこのことへの言及はありません。

前述の対応が行われなかったとしても、12:58に設置された情報収集体制において同様の作業を行えば良いだけのことです。その結果、気象庁の緊急記者会見の内容（表5参照）を入手すれば、「情報収集体制」レベルで大丈夫だろうかという問題意識が生まれたはずです。いずれにしても、前述のチェック作業は、「情報収集体制」下では基本動作のほうですが、それを怠ったということであれば「情報収集体制」の意味はありません。

また、「台風の雲域は比較的小さい」という銚子地方気象台の発表の「印象」から「災害発生の

恐れへの危機感が薄い」状態に短絡的につながってしまったことに大きな懸念を感じます。おそらく、「雲域は比較的小さい」⇒「強さはたいしたことはない」⇒「千葉県における災害発生の恐れは小さい」といった思考過程をたどったものでしょうが、台風に関する基礎的知識の欠如がもたらす「小ぶりの台風に対するあなどりの結果だ」と思います（前号参照）。

上述のミスは複数の要員のチェックがしっかり入れれば（組織的にしっかり対応していれば）是正され露見しなかったかも知れません。もし、9月8日が平日であったならばその可能性はあったでしょうが、あいにく日曜日であったがため千葉県の「情報収集体制」の脆弱性があぶり出されたものと筆者は考えています。

表4 気象庁（気象台）・台風の動き及び千葉県の対応

日	気象庁（気象台）・台風の動き	千葉県
8日 (日)	11:00 気象庁 緊急記者会見「記録的な暴風」を警告(表5に本文の抜粋を示す)	12:58 情報収集体制（自動配備）設置
	11:00 銚子地方気象台 台風説明用解説資料を千葉県・市町村・海上保安部にメール送付	
	12:58 銚子地方気象台が「暴風警報」発表	
9日 (月)	00:20頃に伊豆大島付近を通過	16:30 翌日の災害対策本部会議開催を決定
	03:00前に三浦半島付近を通過	
	05:00前に千葉市付近に上陸	
10日 (火)		9:00 災害対策本部設置
		9:15 第1回災害対策本部会議開催

(出典) 報告書及び気象庁等の資料による。

表5 「台風第15号の今後の見通しについて」(気象庁 9月8日11:00)(抜粋)

<p>強い台風第15号は、8日夜遅くから9日昼前にかけて、暴風域を伴って関東甲信地方または静岡県に上陸し、通過する見込みです。急激に雨と風が強まり、猛烈な風が吹き、海上は猛烈なしけとなり、首都圏を含め、記録的な暴風となるおそれがあります。</p> <p>また、関東甲信地方を中心に、8日夜には台風本体の非常に発達した雨雲がかかり、猛烈な雨や非常に激しい雨が降り、大雨となる見込みです。</p>

(2) 「災害対策本部の設置時期は適切であったか」
について

県災害対策本部の設置が、台風上陸28時間後の9月10日9:00と遅くなったことの原因を「報告書」では以下のように指摘しています。

『ゴルフ練習場の鉄柱、送電鉄塔、電柱等の倒壊などの報道映像があったが、夕方時点で、市町村からの報告では、家屋等の被害が200棟程度でありそのほとんどが一部損壊であったために、大規模災害が発生しているとの認識を職員相互で共有できなかった。本部設置の判断基準は、「災害救助法の適用基準に達する程度の被害が発生するおそれがある場合等」とされているが、被害状況が把握できていない段階で当該基準に基づいて本部設置を判断することは難しかった。』

そして、改善の方向性として、災害対策本部の設置を客観的かつ迅速に判断できるよう設置基準

の見直し等を行うとしています。是非そのようにしていただきたいです。

なお、「災害対策本部の設置時期」等について筆者は以下のように考えます。

① アメダスの最大瞬間風速のデータを活用すれば台風の上陸前に災害対策本部設置は不可避との感触が得られた

気象庁HPで得られるアメダスデータは1時間毎に更新されています。各観測地点をクリックすると気温、雨量、風速等のほかに画面下部に最大瞬間風速も表示されます（多くの観測地点は風速を観測していますが、雨量のみの観測地点もあります）。これと表6の「風の強さと吹き方」（気象庁）を照合することにより「被害の目安」がつけられます。

その場合、アメダスが観測した最大瞬間風速をそのまま当てはめるのではなく、安全側に考えて少し大きめの数値を用いるのが適当です。なぜな

表6 風の強さと吹き方（気象庁、2000年8月作成、2017年9月第4次改正）（抜粋）

大よその瞬間風速 (m/s)	建造物	屋外・樹木の様子
20	樋（とい）が揺れ始める。	樹木全体が揺れ始める。 電線が揺れ始める。
	屋根瓦・屋根葺材がはがれるものがある。雨戸やシャッターが揺れる。	電線が鳴り始める。 看板やトタン板が外れ始める。
30	屋根瓦・屋根葺材が飛散するものがある。固定されていないプレハブ小屋が移動、転倒する。ビニールハウスのフィルム（被覆材）が広範囲に破れる。	細い木の幹が折れたり、根の張っていない木が倒れ始める。 看板が落下・飛散する。 道路標識が傾く。
	固定の不十分な金属屋根葺材がめくれる。養生の不十分な仮設足場が崩落する。	
40	外装材が広範囲にわたって飛散し、下地材が露出するものがある。	多くの樹木が倒れる。電柱や街灯で倒れるものがある。ブロック塀で倒壊するものがある。
	住家で倒壊するものがある。鉄骨構造物で変形するものがある。	

ら、地形的要因等でアメダス観測数値を上回る最大瞬間風速が周辺地域で吹いている可能性があるからです。たとえば、表3に示した館山(48.8m/s)や木更津(49.0m/s)は50m/s超として表6を運用するのが適当でしょう。

館山、木更津のデータから、台風15号の北上にともない房総半島西側(館山市、南房総市、鋸南町、富津市、君津市、木更津市、袖ヶ浦市、市原市)で、「外装材が広範にわたって飛散し、下地材が露出するものがある」、「多くの樹木が倒れる。電柱や街灯で倒れるものがある」を原因とする半壊・一部損壊の多発や倒木・電柱倒壊による停電発生・復電長期化といった大きな被害発生が予想されます。このことから、上陸前の時点でも県災害対策本部設置は不可避であるとの感触が得られたはずです。

② 市町村からの報告待ちでは対応(体制確立等)は後手にまわる一大規模災害では被害の大きい市町村からの被害報告は遅れる一

被害の大きい市町村が現場対応に追われ、被害報告が遅れたり、報告被害数が限定的になるのは過去の災害における共通の傾向です。職員数が少ない場合、その傾向に拍車がかかります。このことは自明のこととして都道府県の担当者は知って

おくべきです。災害対策本部の設置の要否・時期は、そのことを念頭に判断されるべきです。

表7は、台風15号の上陸4日目(県災害対策本部設置から3日目)の2019年9月12日及び半年後の2020年3月19日時点での住家被害報告数を比較したものです。

報告書では、『(台風が上陸した9月9日の)夕方時点で、市町村からの報告では、家屋等の被害が200棟程度でありそのほとんどが一部損壊であったために、大規模災害が発生しているとの認識を職員相互で共有できなかった。』とありますが、表7からは、初期の被害報告数をもとに災害対策体制のレベルを判断することは極めて危険であることがわかります^(※)。

※ 報告書には、「防災電話等により市町村と連絡を取れる状態であった。」とあります。つまり、初期における被害報告数の少なさは県と市町村間との連絡不能によるものではありません。

ちなみに、①で言及した房総半島西側の8市町のうち9月12日までに被害を報告しているのは2市(袖ヶ浦市、市原市)のみです。また、報告被害数も2020年3月19日の被害数との比較で、袖ヶ浦市で0.6%、市原市で0.7%と極めて限定的です(一部損壊の場合)。

表7 台風15号の上陸4日目(県災害対策本部設置から3日目)と半年後の住家被害報告数の比較

住家被害種類	2019年9月12日現在(注1)		2020年3月19日現在(注2)	
	報告被害棟数	報告市町村数	報告被害棟数	報告市町村数
全壊	2	2	409	27
半壊	0	0	4,281	46
一部損壊	292	23	71,624	54

(注1)「令和元年台風15号について(第10報)」(千葉県防災危機管理部、2019年9月12日16時00分発表)

(注2)「令和元年台風15号(第119報)及び台風19号(第62報)について」(千葉県防災危機管理部、2020年3月19日14時00分発表)

漏電による出火について

千葉市消防局予防課

1 はじめに

漏電火災という名称は一般的にも知られているが、その特徴やメカニズムまで理解し明確な原因究明を導き出すことは困難と言える。

そのような中、本市で発生した建物火災において、屋外に設置された分電盤内の配線から漏電し、モルタル壁内部のワイヤーラスが発熱・出火に至った典型的な漏電火災の調査事例を紹介する。

2 火災概要

(1) 出火日時

平成27年 6月 20時50分頃

(2) 覚知日時

平成27年 6月 21時06分

(3) 鎮火日時

平成27年 6月 翌 1時28分

(4) 出火場所

千葉市内

(5) 被害状況

人的被害：なし

物的被害：

木造一部鉄骨造瓦葺モルタル塗2階建一般住宅1棟
半焼

延床面積324㎡の

うち焼損床面積84

㎡、焼損表面積87㎡

(6) 気象状況

天候：曇 風向：東北東 風速：4 m/s

実効湿度：74% 気温：22℃

3 火災初期の居住者の目撃状況

- (1) 最初に2階廊下に設置されているダウンライトから煙を目撃している。
- (2) 時間経過とともに2階北西側の窓枠、軒下から煙を目撃している。
- (3) 最終的に1階応接間北西側内壁から火炎の噴出を目撃している。

4 実況見分状況

(1) 建物外周部

2階開口部付近が焼損しており、屋根が全体的に焼け抜けている。(写真1、2)

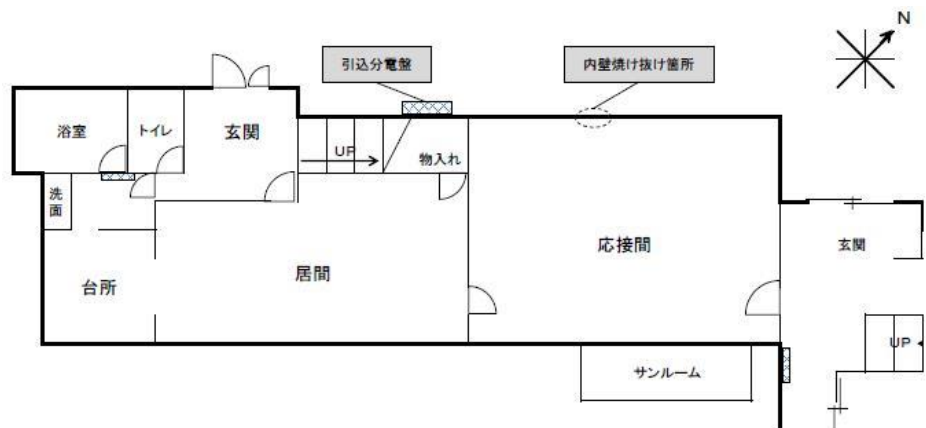


図1 1階平面図



写真1 建物外周部（南東側）



写真2 建物外周部（北西側）

(2) 2階内部

2階は、全体的に屋根及び天井が焼け抜け、床面の一部にも焼け抜けが確認できるが、内壁下部及び床面に焼損していない箇所が認められる。(写真3、4)



写真3 居室部分の状況



写真4 廊下部分の状況

(3) 1階内部

1階内部は、全体的に天井及び天井裏が焼損しているが、内壁及び床面に焼損は認められない。しかしながら、応接間北西側に位置する板張りの内壁上方に局所的に焼け抜けが認められる。(写真5～7)



写真5 天井及び天井裏の状況



写真6 応接間北西側内壁の状況



写真7 応接間北西側内壁の状況

焼け抜け部分周囲の内壁を剥がすと、上方に向かって扇状に焼損し、基点部分の木ずりが焼失し、焼け細った柱には釘、天井裏には鉄骨が確認できる。(写真8)

また、木ずりが焼失している箇所のモルタル壁は表面が灰白色に変色し、一部破損しており、破損箇所にワイヤーラスが確認できる。(写真9)



写真8 内壁を剥がした状況



写真9 モルタル壁変色箇所

(4) 引込分電盤等の状況

建物北西側外壁に、上下2つの扉に分かれた引込分電盤ボックス（以下、「分電盤ボックス」という。）が設置されている。分電盤ボックス上部には、アナログ式積算電力計とデジタル式積算電力計（以下、「スマートメーター」という。）が1基ずつ設置されており、スマートメーターから出た配線は、分電盤ボックス下部の配線用遮断器に接続されていることが分かる。(写真10)

また、漏電ブレーカーは屋内に設置されており、火災発生時には漏電ブレーカーは作動しておらず、さらに居住者からは火災発生以前に漏電ブレーカーは作動していないとの情報が得られている。

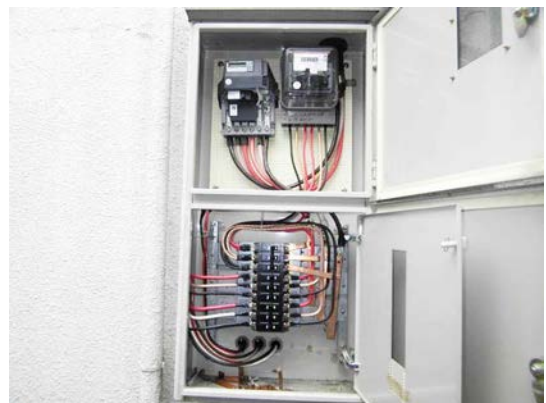


写真10 分電盤ボックス全体の状況

5 出火箇所の検討

関係者の供述及び焼損状況から、出火箇所は、1階応接間北西側の壁内と判定する。

6 出火原因の検討

出火箇所を壁内と判定したため、漏電による出火の可能性を疑い、以下検討する。

(1) 漏電回路の調査について

ア 漏電回路を形成する3要素の調査について
漏電による出火を立証するためには、漏電回路を形成する「漏電点」、「出火点」、「接地点」と呼ばれる3要素を明らかにする必要がある。

(ア) 漏電点の調査について

「漏電点」とは、電流が漏れ始めた箇所を言うが、調査時には状態が変化していたり、痕跡が残らなかったり発見が困難とされる。

火災発生前から火災後に至るまで漏電ブレーカーが作動していない事実から、漏電ブレーカーの2次側ではなく、漏電ブレーカーの1次側で漏電した可能性が高いと考えられる。

そのため、電柱から引込線をたどると、分電盤ボックス内に接続される黒色配線が内扉のヒンジに接触していることが確認で

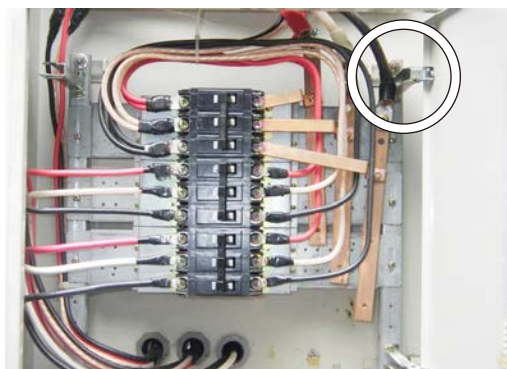


写真11 引込分電盤下部の状況

きる。(写真11)

そこで、黒色配線とヒンジの導通を確認するため、テスターを用いて両者間の抵抗値を測定すると「0.9Ω」であり、両者は導通していることが分かる。(写真12)



写真12 黒色配線とヒンジの導通確認

接触している部分の黒色配線を詳細に確認すると樹脂製の被覆に亀裂が認められ、被覆内部の丸型圧着端子には、端子表面に長さ約2mmの熔融痕が認められる。また、接触しているヒンジ部分にも黒く変色している部分が認められる。(写真13)

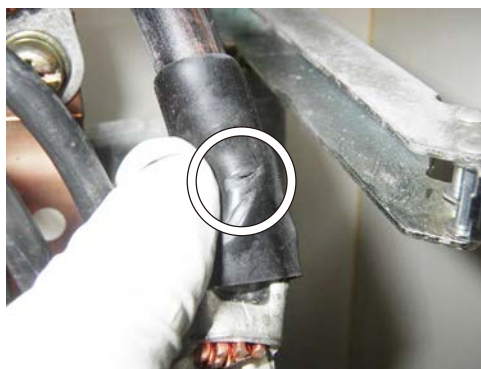


写真13 黒色配線の接触部分の状況

以上のことから、黒色配線と分電盤ボックスのヒンジが接触する部分が漏電点である可能性が高いと考えられる。

(イ) 出火点の調査について

「出火点」とは、漏電回路において何らかの要因で電気抵抗が高くなり発熱し出火に至った箇所を言い、出火箇所となり得る。

出火箇所と判定した1階応接間北西側の壁内を確認すると、金属製のワイヤーラスが露出した状態で認められ、詳細に見分ると、全体的に錆びが発生し、他の箇所と比較し線径が細くなっている。

これは、当該部分がワイヤーラスの継ぎ目部分であることから電気抵抗が高まり、長時間発熱したものと考えられる。

以上のことから、当該箇所が出火点と考えられる。(写真14)



写真14 ワイヤーラスの状況

(ウ) 接地点の調査について

「接地点」とは、水道管や鉄骨材などのように、連続して地面に埋設される金属製構造物に、出火点を構成する金属部材（ワイヤーラス、トタンなど）が触れている箇所を言い、仮に漏電点があったとしても接地点がなければ漏電回路が形成されないため、出火することはない。

接地点を確認するため、出火箇所付近の鉄骨とワイヤーラスが触れている点がないか目視で検索するが、確認できる範囲で接地点と疑われる点は認められない。そこで、ワイヤーラスと大地間の接地抵抗値を測定すると「35Ω」となり、さらに、鉄骨と大地間の接地抵抗値を測定すると、「18Ω」となり、ワイヤーラス及び鉄骨は、それぞれアースが取れていることが確認できる。

以上のことから、接地点は直接確認する

ことはできなかったが、壁内でワイヤーラスと鉄骨が触れている箇所が存在している可能性が高く、当該箇所が接地点と考えられる。

イ 漏電回路の立証について

明らかになった漏電回路を形成する3要素について、それぞれのつながりを検討し、漏電回路を立証する。

(ア) 漏電点と出火点のつながり

漏電点と出火点のつながりを確認するため、分電盤ボックス内のヒンジと1階応接間北西側の壁内のワイヤーラスの抵抗値を測定すると、「47.2Ω」となり、漏電点と出火点は電氣的につながっていることが確認できる。

さらに、ヒンジとワイヤーラスがどのようにつながっているのか確認するため、分電盤ボックスを外壁に打ち付けているネジを取り外すと13本の内1本がワイヤーラスを貫通しており、当該箇所でも電氣的につながっていることが確認できる。(写真15、16)



写真15 ネジとワイヤーラスの状況



写真16 ネジの状況

(イ) 出火点と接地点及び漏電点と接地点のつながり

漏電点及び出火点の接地状況を確認するため、両点の接地抵抗値を測定する。

なお、出火点と接地点については、接地点の調査時に出火箇所付近のワイヤーラスの接地抵抗値を測定し、アースが取れていることを確認している。

漏電点と接地点のつながりを確認するため、分電盤ボックスと大地間の接地抵抗値を測定すると「81Ω」となり、アースが取れていることが確認できる。

(ウ) まとめ

以上、(ア)、(イ) から、漏電回路を形成する3要素が線でつながり、漏電回路が形成されたことが証明される。(図2)

(2) 漏電に至る経緯の考察について

ア 居住者の供述について

(ア) 火災発生日の約2週間前に分電盤ボックス内の積算電力量計の取り替え工事(スマートメーターへの取り替え)を電力会社が実施している。

(イ) 火災発生日1週間前に風呂場のブライン

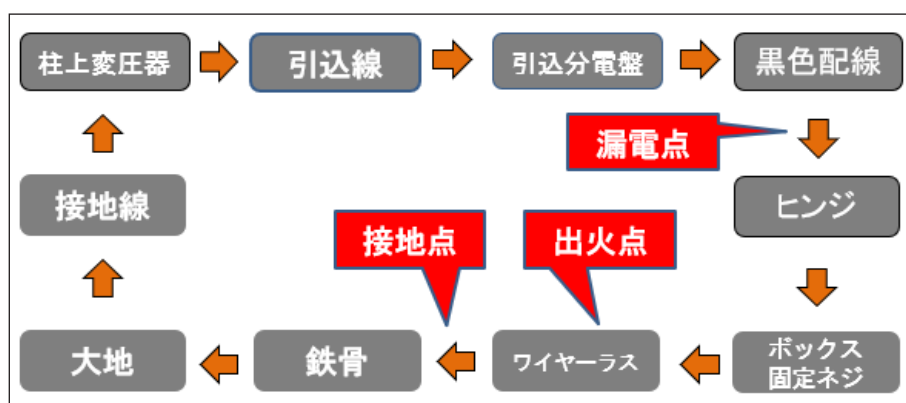


図2 考えられる漏電回路

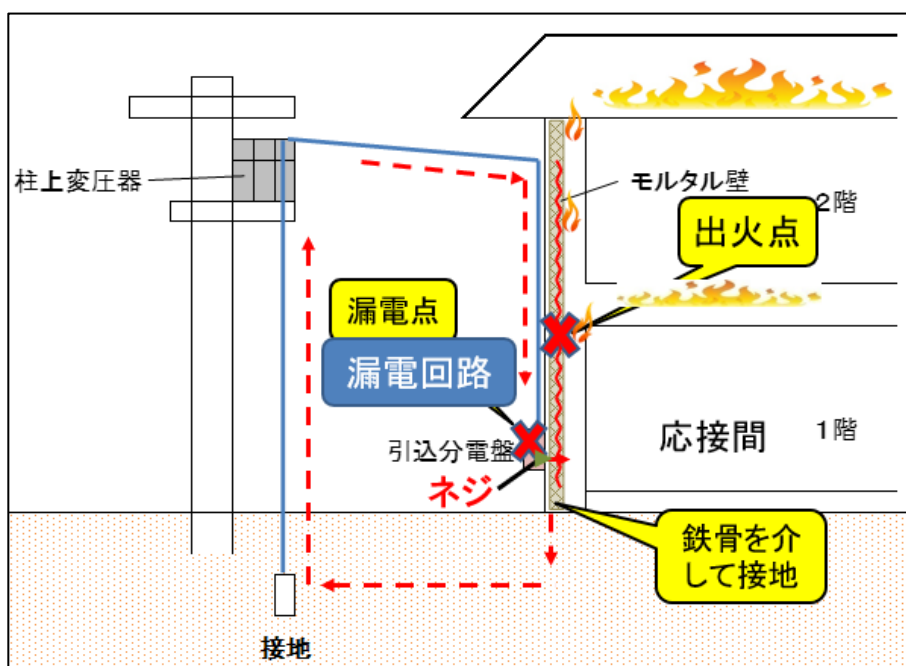


図3 本件火災における漏電回路イメージ図

ドに触れた際、ビリビリと感じている。

(ウ) スマートメーターへの取り替え後、電気の使用状況や生活スタイルは普段と変わらない。(大きい電力を消費する電気機器を特に使ったりはしていない)

(エ) 火災発生前、停電(漏電ブレーカーの作動)は発生していない。

イ 積算電力量計の取り替え工事について

居住者の供述により、火災発生日の約2週間前に積算電力量計の取り替え工事を実施していたことが判明したため、工事を実施した会社に連絡し作業担当者に来場を求め、どのような作業を実施したかを再現してもらう。

(ア) 作業担当者は、三脚を使用し、分電盤ボックス上部に設置されているスマートメーターに正対した位置で取り換え作業を

実施している。

(イ) 分電盤ボックス下部の扉は閉めた状態で作業を行い、作業後も分電盤ボックス下部内の配線状況を確認していない。(写真10参照)

(ウ) 取り換え作業により、分電盤ボックス下部につながる配線(黒色配線を含む)が動くことがあることが判明した。

ウ 電気量の変化について

電力会社に対し消費電力量に関するデータの提供を求め、スマートメーター取り付け日から火災当日までの30分おきの電力量をグラフ化すると図4となり、電力量の変化についてまとめると表1となる。

スマートメーター取り付け後の1日毎の電力量は、一番低い日で20.5Kwh、一番

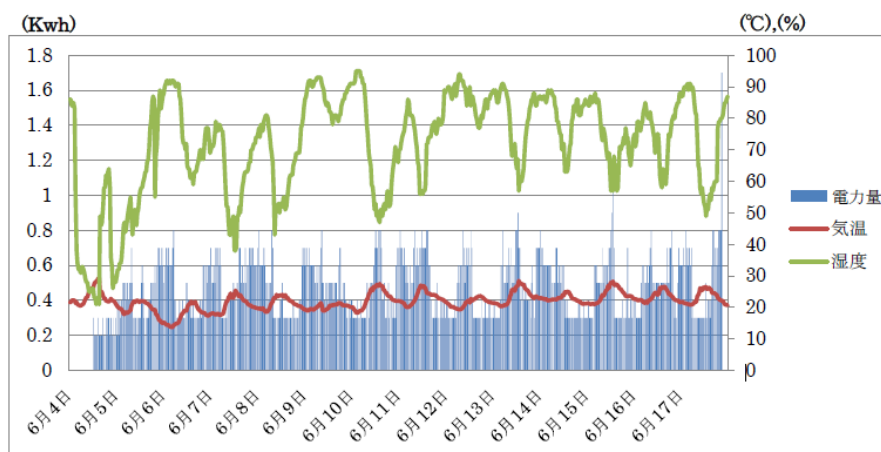


図4 スマートメーター取り付け後の電力量の推移グラフ

	電力量	日数	1日当たり平均
スマートメーター 取り付け後	312 Kwh	14日	22.3Kwh
平成27年5月 (前月)	245 Kwh	30日	8.1Kwh
平成27年1月 (最近で最も多い月)	651 Kwh	33日	19.7Kwh
平成26年6月 (前年同時期)	250 Kwh	28日	8.9Kwh

表1 スマートメーター取り付け後の電力量の推移グラフ

高い日で26.7Kwh、平均で22.3Kwhとなるが、交換前の電力量は、交換前月の5月が8.1Kwh (245Kwh / 30日)、昨年6月が8.9Kwh (250Kwh / 28日)、最近で1番多かった1月分が19.7Kwh (651Kwh / 33日) となり、切り換え後と切り換え前の電力量を1日当たりの平均で比較すると、切り換え後には、前月及び昨年同時期の2倍以上になっており、最も使用量の多い冬場1月よりも高い電力量となっていることが分かり、スマートメーター切り替え工事をきっかけに消費電力量が増えていることが判明した。

エ 電力会社の回答に対する検証

取り換え工事の再現、さらにこれをきっかけに電力量が増加している事実を電力会社に説明し、取り換え工事が起因となり漏電が起こった可能性がある旨を伝えたところ、電力会社から「配線とヒンジが接触したら、大電流が流れ、もっと大きな痕跡が残り、さらに、接触時には大きな火花が出て異常に気が付くはず。」との回答があったことから、この内

容についてさらに検証を行うこととする。

(ア) 成分分析

双方の表面に互いの成分が付着していれば接触していたことの証明となるため、以下の要領で、実物の接触部分の表面の成分分析を実施する。

a 試験

走査型電子顕微鏡試験一定性分析

b 測定装置

(株)日立ハイテクノロジーズ製 SU6600

c 試験資料

ヒンジ、丸型圧着端子、配線被覆（表面を金蒸着）(写真17～19)

d 分光条件

加速電圧15kV

e 分析結果

表2のとおり

分析結果から、ヒンジ（Znメッキ製）の表面にはSn（スズ）が検出され、丸型圧着端子（Snメッキ製）の表面にはZn（亜鉛）が検出されていることから、丸型

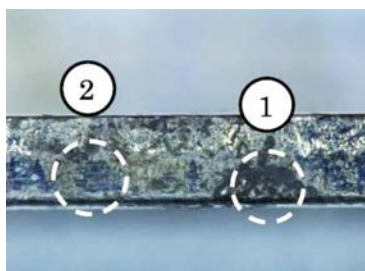


写真17 ヒンジ

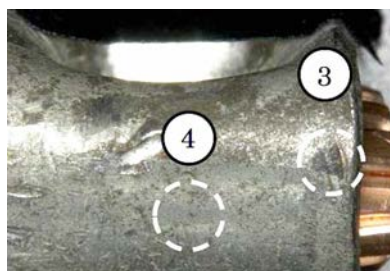


写真18 丸型圧着端子

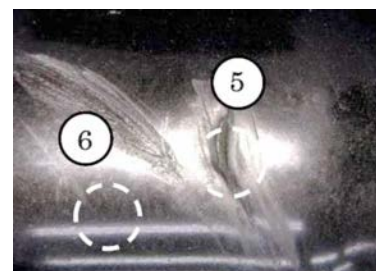


写真19 配線被覆

表2 走査型電子顕微鏡試験による成分分析結果

分析資料	分析位置	検出元素
ヒンジ接触部分	①	Fe, C, O, Zn, Sn, Cu, Cl, Ca, Si, S, Al, Mg
ヒンジ非接触部分	②	Zn, O, C
丸型圧着端子接触部分	③	Zn, C, O, Fe, Sn, Cu, Cl, Ca, S, Si, Al
丸型圧着端子非接触部分	④	Sn, O, C, Cl
配線被覆接触部分	⑤	C, Cl, O, Ca, Na, Si
配線被覆非接触部分	⑥	C, Cl, O, Ca, Na

圧着端子とヒンジの接触部分表面に互いの構成元素が検出され、両者が接触していた可能性が高いと考えられる。

(イ) 再現実験

電力会社から、配線がヒンジに接触すれば大きな痕跡が残るはずとの見解が示されたことから、黒色配線とヒンジが接触した際、どのような痕跡が残るかを検証するための再現実験を実施する。

a 設定状況の概略は以下のとおりとする。

(写真20)

- (a) 電源は100V 交流電源を使用し、電源側と実験器具との間に配線用遮断器 (20A) を設ける。
- (b) 100V 交流電源の配線は、VVF ケーブルを使用する。
- (c) VVF ケーブルの黒線 (非接地線) にクランプメータ (KAISESK-7715) を設置する。
- (d) VVF ケーブルの白線 (接地線) は、何にも接続せず地面へ接地する。
- (e) VVF ケーブルの黒線 (非接地線) を市販の圧着端子に圧着する。
- (f) 現場から取去したヒンジをクリップ付きリード線のクリップで挟み、クリップ付きリード線のもう一方を、接地抵抗値が約40Ωになるよう金属製品を中継し、地面へ接地する。

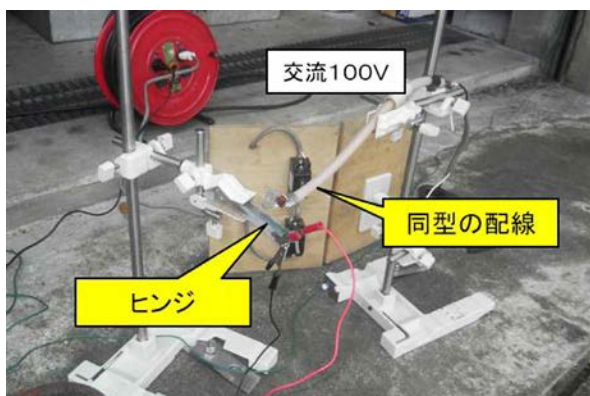


写真20 漏電点再現実験の設定状況

以上 (a) ~ (f) を設定後、丸型圧着端子とヒンジを接触させ、それぞれの接触箇所についての痕跡及び電流値について確認する。

b 実験結果

実験は2回実施し、その結果は以下のとおりである。なお、丸型圧着端子とヒンジを接触させた直後に配線用遮断器 (20A) が作動した。

(a) 1回目

ヒンジは接触箇所が長さ約2mmに亘って溶融し、黒く変色が認められる。丸型圧着端子は接触箇所に長さ約2mmの溶融が認められる。電流値は、「69.3A」が表示される。(写真21、22)

(b) 2回目

ヒンジは接触箇所が長さ約3mmに亘って溶融し黒く変色が認められる。丸



写真21 実験1回目ヒンジの状況



写真22 実験1回目丸型圧着端子の状況

型圧着端子は接触箇所直径約3mmの溶融が認められる。

電流値は、「54.1A」が表示される。

(写真23、24)



写真23 実験2回目ヒンジの状況



写真24 実験2回目丸型圧着端子の状況

(c) 考察

実験結果から得られた配線接触箇所の痕跡と実際の接触箇所の痕跡に大きな差異は認められない。

(ウ) まとめ

以上の実験結果から電力会社の「もっと大きな痕跡が残るはず」という主張は否定される。

オ まとめ

以上ア～エにより、取り付け作業の再現による配線の動き、電力量が増加した事実、電力会社の主張に対する成分分析・再現実験による検証から、漏電に至る経緯を矛盾なく明確に説明でき、スマートメーターの取り換え

作業後に漏電が始まったと考えられる結果が得られた。

(3) 出火原因についてのまとめ

以上(1)、(2)をまとめると以下のようになる。

ア 漏電点について

(ア) スマートメーターの取り替え工事を再現した結果、黒色配線がヒンジに接触する可能性がある作業内容であったと考えられる。

(イ) 分電盤ボックス内の黒色配線とヒンジが接触していることが確認でき、接触部の配線を確認すると被覆に亀裂が認められ、さらに両者の間は導通が確認できる。

(ウ) 成分分析の結果、接触部分表面には互いの構成元素が存在している。

(エ) 分電盤ボックスを固定するネジが壁内のワイヤーラスを貫通している。

(オ) 黒色配線とヒンジの接触を再現実験した結果、実験で生じた痕跡は実際の痕跡と形、大きさとも類似している。

(カ) 以上のことから、スマートメーターの取り替え作業中に黒色配線がヒンジに接触した結果、黒色配線を通る電流がヒンジ、分電盤ボックス、分電盤ボックス固定ネジ、ワイヤーラス、という経路で漏電したと考えられる。

イ 出火点について

(ア) 出火箇所では木ずりの焼失、柱の焼け細り、モルタル壁の変色及び破損、ワイヤーラスに錆や細くなっている部分が認められる。

(イ) 分電盤ボックス下部内のヒンジと建物内1階応接間北西側モルタル壁の一部焼け抜けが認められる箇所のワイヤーラス間に導通が確認できる。

(ウ) 分電盤ボックス固定ネジが壁内のワイヤーラスを貫通しており、導通が確認できる。

(エ) 以上のことから、分電盤ボックスから漏電した電流が、分電盤ボックス固定ネジを介してモルタル壁内のワイヤーラスに流れ、出火箇所付近のワイヤーラスが発熱し周囲の木材が出火に至ったと考えられる。

ウ 接地点について

分電盤ボックス、出火点付近のワイヤーラス、出火点付近の鉄骨でそれぞれ接地抵抗を測定した結果、それぞれの箇所で大地上との導通が確認でき、接地点の特定には至らないが接地点の存在が認められる。

エ 電力量の推移

関係者の供述で電気の使用状況に特別な変化がないにも関わらず、スマートメーター取り付け後から火災当日までの間の電力量が増加していることから、スマートメーター取り付けを起点に漏電が始まったと考えられる。

オ 結論

以上のように、漏電点、出火点が特定でき、接地も確認されていることから、出火原因は建物北西側外壁に設置された引込分電盤ボックス内において、スマートメーターの取り替え作業を起点として黒色配線の絶縁被覆に亀裂が入り、丸型圧着端子とヒンジが接触したことで漏電が始まり、分電盤ボックス固定ネジを經由して壁内のワイヤーラス、更に大地へと流れる漏電回路が形成されたため、出火箇所においてワイヤーラスが発熱し、付近の

柱や木ずりを徐々に炭化させ出火に至ったものと考えられる。

7 再発防止対策

電力会社が行っているアナログ式積算電力計からスマートメーターへの切り替え工事は、検針の自動化や、端末機器やweb上で30分毎の電気使用量の確認を行えるなどの利点により推進されているものであるが、今回の事案は、交換工事を実施したことが起点となり火災に至った可能性が極めて高いことから、再発防止対策を検討することを電力会社へ要望した。

8 まとめ

“漏電火災”の調査を進める上で、漏電回路を形成する3要素を明らかにすることが重要なポイントとなるが、壁内の配線である場合が多く、壁面の破壊を伴う調査が必要となり、また、火災発生時の状態が変化している場合が多く、漏電回路を形成する3要素を特定することが困難であるケースが多い。

その中で、本件火災は出火箇所の状況から比較的初期の段階で漏電火災の可能性が高いと疑い、更に漏電点が目視できたため、その後の裏付けとなる調査を充実させることができた貴重な事例となった。

編集後記

○ 令和元年台風15号は、9月9日5時前に強い勢力で千葉県付近に上陸し、その後は千葉県から茨城県を通り抜けた台風です。最大瞬間風速57.5m/sを観測するなど、多くの地点で記録的な暴風となった。

また、台風第19号は10月12日19時前に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸した後、関東地方を通過し、13日未明に東北地方の東海上に抜けた。台風本体の発達した雨雲や台風周辺の湿った空気の影響で、静岡県や新潟県、関東甲信地方、東北地方を中心に広範囲で記録的な大雨となった。

令和2年2月19日、気象庁は台風15号を「令和元年房総半島台風」、台風19号を「令和元年東日本台風」と命名し、これは1977年（昭和52年）9月の沖永良部台風以来42年ぶりに命名となった。

本号の特集では、「令和元年台風15号・19号」を取り上げました。

○ 昨年12月に始まった新型コロナウイルス感染ですが、4ヶ月を過ぎた4月末になっても感染拡大が続き、都市部を中心にクラスター感染も報告され、感染者数が急増している。そうした中、医療供給体制の強化が喫緊の課題となった。政府は、全国的かつ急速な蔓延（まん）延による国民生活及び国民経済に甚大な影響を及ぼすおそれがある事態が発生したと判断し、4月7日から1ヶ月間の「緊急事態宣言」が発せられました。

100年前に全世界的に流行したスペイン風邪（スペイン・インフルエンザ）では、1918年（大正7年）～1920年（大正9年）にかけて3回の大きな波をへて収束したことが伝えられています。また、此度の新型コロナウイルス感染対策で一定の効果を上げている台湾でも4月になって予断を許さない状況とあります（日経グローバルアイ）。

新型コロナウイルス感染拡大防止策として、密閉、密集、密接の3密を回避することで対応しておりますが、1日も早い治療薬やワクチンの開発が待たれます。

[本誌から転載される場合にはご連絡願います。]

季刊「消防防災の科学」No.140 2020. 春季号

発行 令和2年4月30日

発行人 市橋保彦

発行所 一般財団法人 消防防災科学センター

〒181-0005 東京都三鷹市中原三丁目14番1号

電話 0422 (49) 1113 代表

ホームページ URL <http://www.isad.or.jp>

宝くじは、 みなさまの豊かな暮らしに 役立っています。



宝くじは、図書館や動物園、学校や公園の整備をはじめ、
少子高齢化対策や災害に強い街づくりまで、さまざまなかたちで、
みなさまの豊かな暮らしに役立っています。

一般財団法人 日本宝くじ協会は、宝くじに関する調査研究や
公益法人等が行う社会に貢献する事業への助成を行っています。

一般財団法人
日本宝くじ協会
<http://jla-takarakuji.or.jp/>