

平成27年9月関東・東北豪雨の発生要因と気象庁の対応・予報結果

Formation factors of the 2015 Kanto-Tohoku heavy rainfall and its correspondences and NWP results of the JMA

*加藤 輝之¹、津口 裕茂¹、北畠 尚子¹

*Teruyuki Kato¹, Hiroshige Tsuguti¹, Naoko Kitabatake¹

1. 気象研究所

1. Meteorological Research Institute

平成27年9月関東・東北豪雨では、10日21時までの48時間に栃木県北部で500ミリ以上、南部でも300ミリ以上の降水量が観測され、10日13時頃には茨城県常総市で鬼怒川の堤防が決壊した。気象庁は10日0時20分に栃木県全域、7時45分に茨城県（9時55分県内全域）に特別警報を発表するとともに、鬼怒川に対する指定河川洪水予報では、10日6時30分に氾濫発生情報を発信して警戒を呼びかけた。東北では、11日9時までの24時間降水量が宮城県大崎市付近で300ミリを超え、同日7時頃に同市を流れる渋井川の堤防が決壊した。気象庁は11日3時20分に宮城県全域に特別警報を発表した。

栃木県を中心とした関東での大雨は、幅20～30km、長さ約100kmの線状降水帯が複数発生し、それらが連なることで、幅100～200km、長さ500km以上の南北に伸びた巨大な帯状の降水域が形成・維持したことで発生した。その形成・維持には、線状降水帯が発生しやすい大気状態（加藤 2015; 2016）が関東地方で持続していたことが要因だと考えられる。日本海上に存在していた台風第18号から変わった低気圧に向かって、台風第17号の周辺から南東風により大量の下層水蒸気が関東地方に流入し続けたことに加えて、西日本の上空には深い気圧の谷、その東側の北海道付近には明瞭な気圧の尾根が存在しており、これらの気圧の谷・尾根間に関東地方付近は位置していたためである。また、宮城県の大雨も複数の線状降水帯によってもたらされた。

10日12時までの最大24時間降水量（R24max）は、解析雨量を積算すると関東北部で605ミリに達した。この値を基準に数値予報の結果を評価する。9日17時の天気予報に用いられた予報結果をみると、水平解像度20kmの気象庁全球モデル（9日9時初期値）は線状の降雨域ではないものの関東北部にそれなり的大雨（R24max：165ミリ）を予想していた。また水平解像度5kmの気象庁メソモデル（9日12時初期値）は栃木県内に線状の降雨域を予想できており、予想されたRmax24は447ミリであり、解析雨量に比べてやや少ない程度だった。ただ初期値によりメソモデルが予想した線状の降水域の位置が異なり、Rmax24が300～500ミリとばらつきがみられた。大雨をもたらした線状降水帯については、メソモデルは24時間前（8日21時初期値）から位置にばらつきはあるものの、群馬県東部から栃木県付近に予想できていた。加藤（2016）が示している線状降水帯が発生しやすい条件をみると、36時間前（8日12時初期値）から関東北部に線状降水帯発生のポテンシャルを予想できていた。

参考文献

加藤輝之，2015：線状降水帯発生要因としての鉛直シアと上空の湿度について．平成26年度予報技術研修テキスト，気象庁予報部，114-132．

加藤輝之，2016：メソ気象の理解から大雨の予測について～線状降水帯発生条件の再考察～．平成27年度予報技術研修テキスト，気象庁予報部，（印刷中）．

キーワード：集中豪雨、線状降水帯、数値予報

Keywords: heavy rainfall, band-shaped precipitation system, numerical prediction

鬼怒川の流域平均極値雨量の推定

Estimation of Catchment Averaged Extreme Rainfall in Kinu River

*田中 茂信¹*Shigenobu Tanaka¹

1.京都大学防災研究所

1.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

利根川の左支川である鬼怒川は、栃木県から茨城県を流下し、その流域は2015年9月関東・東北豪雨により大規模な豪雨・洪水被害を被った。台風18号から変わった温帯低気圧と台風17号に挟まれる領域で大雨となり、鬼怒川上流部では500mm以上の降水量となった。この豪雨により、2015年9月10日昼過ぎに鬼怒川の左岸堤防が破堤し、鬼怒川と小貝川に挟まれた低地が大規模に浸水した。破堤後、ヘリで多くの人々が救出される状況がマスメディアで報道されたことは記憶に新しい。本論文では、鬼怒川の治水計画の基準点である石井地点上流の流域平均時刻雨量を求め、異なる降雨継続時間について、極値解析を行った。極値解析に当たり、従来よく用いられてきた年最大値資料用いるAMS解析のみではなく、閾値超過資料(Peaks Over Threshold, POT)を用いる解析も行う。十分大きな閾値を用いて独立なPOTを抽出する場合、その試料は指数分布(Exp)または一般パレート分布(GP)で当てはめられる。AMS解析に用いられる2母数の分布はグンベル分布(Gumbel)であるが、これに対応するPOT解析に用いられる分布はExpである。なお、GPの形状母数が0の特別な場合がExpである。主にPOTで解析を行うものの、必要に応じてAMS解析との関係を見る際には、閾値を超える事象の発生間隔がポアソン分布に従うとしてPOTの分布関数(経験分布及びExp, GP)を年最大値の分布関数に変換する。用いた降雨資料は鬼怒川流域及びその周辺の国土交通省の水文水質データベースと気象庁の気象官署及びAMeDASから得られる時刻降水量である。なお、極端降雨の解析を目的としているので、冬季において欠測があっても豪雨が発生すると想定される5月から10月に観測が行われている場合は解析対象とした。1979年から2015年の資料を収集した。用いた観測所は15箇所であり、流域平均降水量はThiessen法により求めた。降雨継続時間

は、6h, 12h, 18h, 24h, 48h, 72h, 1-day, 2-day, 3-dayである。それぞれの降雨継続時間のAMS資料についてMann-Kendall検定を行った結果、5%の有意水準でトレンドが有意であるとは判断できなかったが、全て増加傾向であった。POTの閾値を設定する方法は幾つか提案されているが、ここでは閾値を超える試料がExpに従う場合に、その平均が閾値を変えても一定となる性質を利用するSample Mean Excess Functionを描いて判断し、それぞれ48, 64, 75, 80, 85, 98, 67, 80, 94mmとした。これらの閾値でのSample Sizeは69, 77, 78, 82, 96, 88, 86, 95, 88であり、AMSに比べて6hを除き2倍以上確保できている。各分布の母数はL積率を用いて推定した。このPOTを用いてAMSと比較評価した結果、2母数のGumbel分布とExpはほぼ同じ外挿値となった。一方、3母数の一般極値分布(GEV)と一般パレート分布(GP)は資料によって異なる外挿値となった。Gumbel確率紙にプロットした結果を見る際以下の点に注意する必要がある。まず、POTは閾値以上の値しか用いないので、閾値以上のデータの傾向がAMS同じ場合でもAMSとは閾値以下のデータの影響が異なる。また、3母数のGEV及びGPと2母数のGumbel及びExpとは資料の歪みを考慮するかしないかの違いがありGumbel確率紙上で曲線(上限を有するタイプとTailが厚いタイプ)となるか直線となるかの違いがある。結果を分類すると3つのパターンに分けられる。まず、1) 降雨継続時間の短い6hや12hはGumbelとExp, GPがほぼ重なり、GEVが上限を有する分布となっている。2) 18hと1-day降水量はGumbel, Exp及びGEVがほぼ重なり、GPのみがTailの厚いフィッティングとなっている。3) 他の降雨継続時間では、GumbelとExpがほぼ重なり、GEVとGPがTailの厚い分布となっている。6h, 12hを除いて、2015年9月の大雨が1979年以降で最大のイベントとなっている。これらの確率紙へのプロットを見るとこれまでの極値から推定される分布曲線の近くにプロットされており、とんでもなく大きな雨が降ったわけではないと判断され、その確率は概ね1/50~1/100と判断される。なお、2014年までの資料での結果と比較するとGEVの形状母数の符号が変わるものがある。さらにGumbelの100年確率水文量が30mm前後大きくなっている。

キーワード：鬼怒川、2015年9月関東・東北豪雨、POT解析

Keywords: Kinu river, 2015 Kanto-Tohoku Torrential Rain, POT Analysis

平成27年9月関東・東北豪雨において鬼怒川と茨城県内の河川で生じた落堀と破堤現象の解釈について

The levee-breaching and scoured region characteristics of the Kinugawa River and some rivers in Ibaraki Prefecture at Kanto& Tohoku heavy rain in September 2015

*田中 規夫¹、八木澤 順治¹、五十嵐 善哉¹、山岸 玄弥¹

*Norio Tanaka¹, Junji Yagisawa¹, Yoshiya Igarashi¹, Genya Yamagishi¹

1.埼玉大学

1.Saitama University

大規模出水時において、堤防の破堤に至る過程とその機構を把握することは、今後の防災・減災対策上、非常に重要である。特に堤防越水に伴う法尻付近の洗掘は、堤防の横断面や長手方向の洗掘現象の時間的進行や破堤流量にも関係する。平成27年9月関東・東北豪雨の鬼怒川破堤地点付近では、複雑な洗掘形状が確認されている。こうした洗掘形状が生じる要因は流れの三次元性に加え、越流水深と堤防高さの比、越流幅などに関係している。本研究では、2015年の豪雨で河川の破堤氾濫が生じた鬼怒川だけではなく、茨城県内の宮戸川・西仁連川・八間堀川の破堤事例も含め、破堤現象のメカニズム、落堀の個数、破堤幅や破堤部の洗掘領域の長さなどの基礎データを水理量と関連付けることを目的とする。目的を達成するため災害後調査と水理実験を実施した。破堤現象は越流水深と堤防高さの比が小であること、堤防の決壊前に堤防断面が半分程度削られて自由水脈が形成されるような環境下で川裏側法尻付近の洗掘現象が生じる等、複雑であった。生じた現象を理解するため、平面水路に堤防モデル(木製：台形と台形の堤内側半分がない形状)と法尻以降に移動床を設置し、洗掘現象を再現した。越流初期を想定した実験でのおおぼり個数も、越流により堤防が半分削られたときの実験でのおおぼり個数も6個程度形成された。自由流脈による洗掘深は堤防形状が維持されたときの洗掘深の約1.5-1.8倍であった。背水影響を強く受けた宮戸川・西仁連川や、鬼怒川の氾濫水が流入し破堤した八間堀川の破堤幅は傾向としては小さかったが、鬼怒川の初期破堤幅は宮戸川・西仁連川・八間堀川と類似していた。初期破堤現象は堤防高が同程度の場合類似した値をとることが示唆された。最終破堤幅は氾濫の継続時間(指標として川幅)が大きく関係していることが示唆された。

キーワード：堤防決壊、洗掘、背水影響

Keywords: levee breach, scoured region, back water effect

2015年9月の洪水破堤に伴う茨城県常総市の鬼怒川低地の地形変化

Topographic changes of Kinugawa Lowland caused by the flood in September, 2015, Joso City, Ibaraki Prefecture

*泉田 温人¹、内山 庄一郎²、須貝 俊彦¹

*Atsuto Izumida¹, Shoichiro Uchiyama², Toshihiko Sugai¹

1.東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻、2.防災科学技術研究所

1.Department of Natural Environmental Studies, Institute of Environmental Studies, Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo, 2.National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

台風第18号とその後の低気圧を原因とする平成27年9月関東・東北豪雨により特に関東地方と東北地方で記録的な大雨となった¹⁾。鬼怒川流域では10日12時50分の常総市三坂町左岸の堤防決壊などの被害が生じ、最下流部の水海道水位観測所では同日13時に計画高水位を超過した¹⁾。決壊地点では洪水流が自然堤防を切り込んだクレバス・チャンネルとその周辺の洪水堆積物によるクレバス・スプレーが形成された。本研究ではこれらの破堤地形の地形と構成堆積物の特徴を記載し、洪水による堤内地の地形変化の一例を示した。また、決壊地点より約4 km上流に位置する同市若宮戸で発生した越水地点の調査も行い、比較検討した。

決壊地点付近の鬼怒川は、風成層を載せる更新世段丘に挟まれた沖積低地の西縁を流れる、河床勾配1/2500程度の砂床河川である。三坂町では河道に沿って比高1 - 2 m程の自然堤防が連続性良く分布し、若宮戸では左岸に河畔砂丘が発達している。越水はこの砂丘の一部が削剥された箇所が発生した。

トータルステーション測量とVRS方式のGNSS観測機による測量を実施し、洪水後の地形断面図を作成するとともに国土地理院提供の5 mメッシュDEMの標高値と比較し、洪水前後の地形変化量を検討した。堆積物調査では堆積相の記載とレーザー回折式粒度分析装置SALD-3000 (島津製作所)による粒度分析を行った。なお、地形測量は決壊地点でのみ行った。

決壊地点のクレバス・チャンネルの中央では堤防決壊区間の付近に深さ2 m以上の落掘が形成され、その下流も150 m以上の距離の間、侵食作用が卓越し標高が30 - 40 cm低下した。洪水堆積物層は堤防から400 m離れた地点では5 - 30 cm程度の層厚であり、洪水流の中心に近いほど層厚が小さかった。洪水堆積物層はおおまかに上下層に区分でき、下層は上方粗粒化を示す泥質細砂 - 極細砂、上層は淘汰の良い細砂 - 中砂で主に構成されていた。

図は洪水流の側方縁辺の地形変化と堆積物粒径の関係を示したものである。洪水による侵食域は堤防決壊区間の近傍に限られ、その下流側では地形変化量は小さかった。この領域の堆積物は地表付近では泥質砂であったが、地表下10 cm深では細粒で、洪水前の畑の土壌が多量に含まれると考えられる。測線の途中には先端に急崖を持つ比高30 - 40 cmのローブ状の堆積地形が形成された。このローブ状地形は平行層理または斜交層理を有する最大層厚60 cm以上の砂層からなり、その下部では洪水前土壌との間に泥質砂層を挟んでいた。ローブ状地形の崖下は層厚15 - 30 cm程度の泥質砂層が分布した。

破堤地形全体に見られる、洪水堆積物の層序区分一下部の泥質砂層とそれを不連続的に覆う淘汰の良い砂層 - は、洪水堆積物の運搬順序を反映している可能性がある。すなわち、初期の細粒洪水堆積物は、堤外地の河床砂よりも細粒な粒子からなる堤体や落掘の形成で侵食された地盤層、あるいは洪水流中の浮遊粒子を給源とし、その後の砂質洪水堆積物は河床砂が給源であった可能性がある。

越流が生じた若宮戸では約200 m×400 mの範囲で地表下0 cm (地表付近)と20 cm深の洪水堆積物の採取と粒度分析を行った。どちらの深度でも中央粒径がおおよそ500 - 800 μm で淘汰の良い砂が堆積した。この地点では河道の一つの砂州の構成砂の中央粒径が700 μm 前後であり、河床砂が洪水により河道外に運搬されたと推測される。ただし、一部の堆積物は河畔砂丘の砂の再堆積である可能性も残されている。

二地点を比較すると、若宮戸の調査が不十分であるものの、細粒の洪水堆積物の供給量に差が存在し、このことは堤体の崩壊や落掘の形成の有無に原因を求めることができると考えられる。

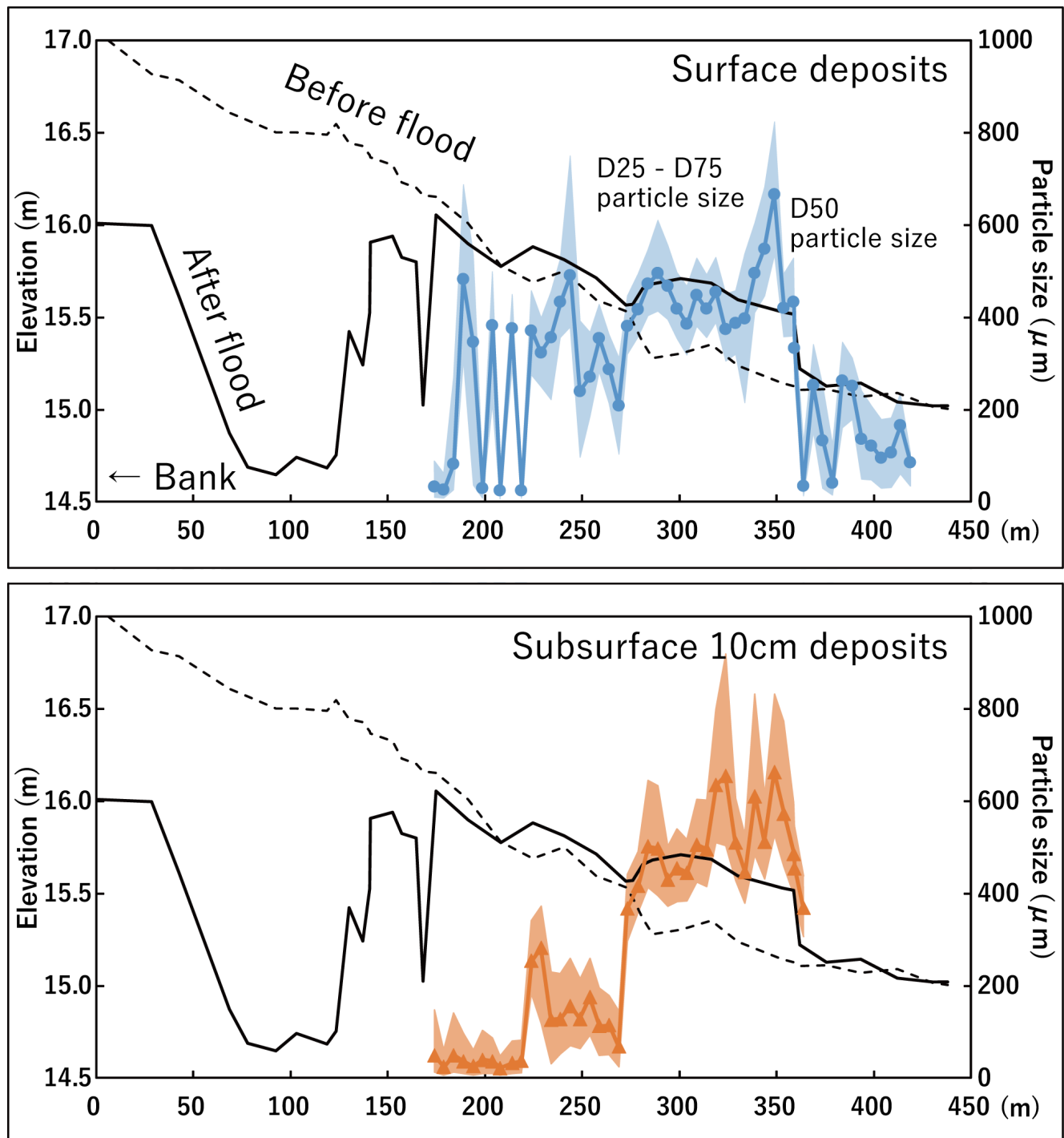
本研究で調査した破堤地形の特徴は人為的な地形改変の影響も多少受けているが、過去に報告されたクレバス・スプレー²⁾との類似点が多い。クレバス・チャンネルやクレバス・スプレーの形成は河川の争奪や流路変遷

にも関係するため、本研究は今回の洪水災害で形成された地形の調査記録としての意味以上に、後氷期以降の谷埋めで形成されてきた沖積低地における流路変遷や自然堤防発達の様式に対しての考察の一助となりうる。
参考文献

- 1) 国土交通省関東地方整備局 (2015): 第1回 鬼怒川堤防調査委員会資料,
http://www.ktr.mlit.go.jp/river/bousai/river_bousai00000106.html (2016年1月9日閲覧)
- 2) Bristow et. al. (1999) : Sedimentology, 46, 1029-1047

キーワード：平成27年9月関東・東北豪雨、クレバス・スプレー、外水氾濫

Keywords: the 2015 heavy rain, Crevasse splay, Inundation by river water



下妻市周辺における鬼怒川水害被害と地形との関係

Relationship between flood and landform in Shimotsuma City

*小荒井 衛¹、安原 一哉²、村上 哲³*Mamoru Koarai¹, Kazuya Yasuhara², Satoshi Murakami³

1.茨城大学理学部理学科地球環境科学コース、2.茨城大学名誉教授、3.茨城大学工学部都市システム工学科

1.Earth Science course, College of Science, Ibaraki University, 2.Honorary Professor, Ibaraki University, 3.Civil Engineering, College of Engineering, Ibaraki University

平成27年関東・東北豪雨について茨城大学で災害調査団が結成され、筆者らは地圏環境グループの一員として参加している。既に中間報告をweb等にアップしているが、このうち筆者が直接関わったものを抜粋して紹介する。特に、2012年度の応用地形判読士の2次試験に下妻市周辺の鬼怒川が取り上げられていたが、そこで述べられていた災害リスクと実際の被害との関連について、ビASPARKしもつま周辺を中心に報告したい。

下妻市前河原南方で生じた溢水による浸水被害を見てみる。鬼怒川左岸の「ビASPARKしもつま」周辺は、地形的には大地を刻む谷地に立地しており、そこは鬼怒川の攻撃斜面になっており、周辺は無堤防区間になっていることから、明らかに浸水被害リスクの高い地形である。その場所では、やや上流の無堤防区間の標高のやや低いところ2箇所から溢水して、あたり一帯が浸水した。越流した箇所では、水流によりローム層がえぐられていた。また、ビASPARKしもつま敷地内の谷底低地における浸水痕跡をみると、浸水深は3.4mであった。温泉の建物自体はやや標高の高い箇所に立地しているため浸水は免れたが、電気系統がやられてしまい、当分営業が再開できない状況であった。近隣のしもつま博物館も臨時休館を余儀なくされていた。洪積台地の上でも葉に着いた泥などの浸水痕跡が認められ、浸水深は約70cmあった。この他の場所では、結城市水海道の旧河道や下妻市鬼怒の旧河道でも浸水被害があり、なかなか水が引かなかった。旧河道と現河道の接合部で、漏水被害が認められた。河川の攻撃斜面側で、堤防の微小な被害が認められた。洪水リスクの高い箇所で、深刻でないにしてもいくつかの変状が認められ、場合によっては深刻な被害に繋がりがねないものもあった。これらの調査結果は、地形を理解することの重要性を示している。

キーワード：鬼怒川水害、下妻市、地形

Keywords: Kinu-River flood, Shimotsuma City, landform

洪水時の避難確保計画の重要性～2015年関東・東北豪雨で被災した高齢者施設の事例～

Importance of the evacuation plan in a flood -The case for the elderly people facility devastated by the Kanto and Tohoku heavy rain in 2015-

*金井 純子^{1,2}

*JUNKO KANAI^{1,2}

1.徳島大学工学部創成学習開発センター、2.徳島大学環境防災研究センター

1.Innovation and Creativity Development Center Faculty of Engineering,Tokushima University,

2.Research Center for Management of Disaster and Environment

本研究は、要援護者施設が避難確保計画を作成し、浸水被害の軽減・回避に備えることを目的とする。これまでも、2011年紀伊半島豪雨、2013年京都・滋賀豪雨、2013年山口・島根豪雨、2014年台風12号・11号台風災害などで被災した要援護者施設を対象に、避難行動に関する調査を行ってきた。本論文では、2015年9月の関東・東北豪雨で被災した特別養護老人ホームC苑（以下、特養C苑）の避難行動と他機関の支援について調査し、過去の事例と比較した上で、連携の観点から避難確保計画の重要性について述べる。調査は、2015年11月26日と2016年1月14日～16日に、特養C苑と支援機関へのインタビュー調査および現地調査を実施した。茨城県常総市水海道高野町にある特養C苑は、9月11日5時27分に浸水が始まり、床上60cm、施設周辺は60～133cm浸水・孤立した。水海道地区は、溢水のあった若宮戸や破堤地点の三坂町から10km以上離れているが、八間堀川の氾濫や低勾配の地形の影響もあり、氾濫水が水海道地区に到達したのは、破堤から10時間以上経った10日の深夜であった。また、滞留した氾濫水はなかなか引かず、特養C苑の2階に取り残された利用者102名と職員15名が救出されたのは避難から約40時間後の12日18時頃であった。避難中は、利用者の食事提供、トイレや衛生不良、ケア用品の不足、急患対応、職員の過労など様々な問題が発生した。特養C苑の支援には、グループ法人の災害対策本部、近隣の他法人（10事業所）、茨城県の長寿福祉課、自衛隊が関わった。グループ法人の災害対策本部は、情報収集・伝達、安否確認、物資調達、救助・出動要請、利用者の受け入れ施設の確保など、重要な役割を果たした。近隣の他法人は、特養C苑とふれあいパートナーシップ協定を締結しており、ケアに必要な物資の調達、搬送車両を準備した。長寿福祉課は、県の災害対策本部と共に、自衛隊のヘリコプターを手配した。本事例において、連携の観点から注目すべき点は「重層的な連携」である。具体的には、グループ法人内の連携、近隣の他法人との連携、県との連携、つまり、「3重層の連携」が迅速な避難を可能したと思われる。過去の事例との比較では、2014年台風11号災害で被災した徳島県那賀町の特養S荘は、近隣の他法人との連携体制ができていなかったため、利用者の搬送や受け入れにおいて大きな混乱が生じた。このことから、連携の中でも、特に「近隣の他法人との連携」が鍵になると考える。

キーワード：高齢者施設、避難確保計画、連携

Keywords: Elderly people facility, Evacuation plan, Cooperation