

令和元年東日本台風による千曲川の氾濫と 高齢者施設における想定最大規模の降雨に 対応した避難確保計画における実効性の課題

INUNDATION OF THE CHIKUMA RIVER DUE TO THE TYPHOON HAGIBIS IN OCTOBER 2019 AND ISSUES OF EFFECTIVENESS IN EVACUATION PLANS OF ELDERLY WELFARE FACILITIES FOR THE LARGEST EXPECTED RAINFALL

金井 純子¹・中野 晋²・山城 新吾³
Junko KANAI, Susumu NAKANO and Shingo YAMASHIRO

¹正会員 博 (工) 徳島大学大学院助教 社会産業理工学研究部 (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

²正会員 博 (工) 徳島大学特命教授 環境防災研究センター (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

³正会員 修 (人間科学) 徳島文理大学講師 人間生活学部 (〒770-8514 徳島市山城町西浜傍示180)

In the heavy rain disaster caused by typhoon HAGIBIS in 2019, the collapse of the Chikuma River embankment caused widespread inundation damage in Nagano City. We conducted an inundation trace survey, the flood inundation calculation, and interview surveys of 6 elderly welfare facilities which were damaged by inundation. From the results, the relationships between the evacuation behavior of each facility and the inundation process were analyzed. In addition, we considered the issues of evacuation safety planning in the event of the largest expected flood.

Key Words : *evacuation plan, flood damage, elderly welfare facilities, Typhoon HAGIBIS in 2019*

1. はじめに

2019年(令和元年)10月12日に伊豆半島に上陸した「令和元年東日本台風」は、10月10日(木)から10月13日(日)までの総降水量が神奈川県箱根で1000mmに達するなど、東日本から東北地方を中心に広い範囲で記録的な大雨をもたらした。河川の氾濫による浸水や土砂災害などの被害が発生した¹⁾。

千曲川流域の長野県北相木では、10月12日朝から夜にかけて1時間降水量が20~40mmの強い雨が続き、総降水量が400mmを超えたことが報告されており、主に台風接近に伴い形成・強化された前線の影響により大雨になった可能性が高いと考えられている²⁾。

長野地方気象台は10月12日に長野市や千曲市などに洪水警報・大雨特別警報等を発表した。千曲川流域では長野市において北部の長沼、豊野、古里地区、南部の篠ノ井、松代、若穂地区を中心に堤防の決壊や越水、その他河川、排水路、用水路等の内水氾濫等による浸水被害が発生した³⁾。特に、千曲川の左岸57.5k付近の堤防決壊により、浸水範囲は約1500ha余りに上り、住宅被害は

5,000世帯以上となった⁴⁾⁵⁾。

また、長野市内の高齢者福祉施設では7施設が浸水被害を受け、8施設で利用者の避難行動が行われた。施設は浸水が始まる直前に緊急避難して人的被害は免れたが、安全管理の点で課題が見られた。

本研究では、避難行動を行った6か所の高齢者施設を対象に、被災前の避難確保計画、被害状況、避難行動についてインタビュー調査を行った。また、千曲川左岸57.5k付近の破堤に伴う長野市内の氾濫進展状況を数値解析し、施設周辺の浸水過程を再現した。施設職員の証言内容と浸水過程、発表された防災情報を照合することで施設の避難行動を検証した上で、被災前の避難確保計画と実際の避難行動を比較検証することにより、高齢者施設特有の課題を明らかにし、避難確保計画の実効性を高める方法について提示する。

2. 現地調査と氾濫解析の方法

(1) インタビュー調査

図-1に調査対象の施設A、施設B、施設C、施設D、施

施設E, 施設Fの位置を示す。2020年1月17日18日に①被災状況, ②情報の入手状況, ③避難行動, ④避難確保計画の策定状況などについてお聞きした。なお, 施設Cと施設D, 施設Eと施設Fは同一法人の系列施設である。また, A施設は提供頂いた災害対応の記録を元に情報整理を行った。

(2) 現地確認と浸水痕跡調査

2019年10月21日, 11月17日に千曲川流域の浸水痕跡調査を行った。標高は5mDEMから調査地点付近の値を読み取った。この報告では施設外壁等に残った痕跡から測定した最大浸水深に基づいて考察を行う。

(3) 洪水氾濫解析

洪水氾濫解析の概要について述べる。氾濫解析は内外水や下水道を同時に扱える故岡部健士教授が開発したXOKABEをエンジンとするソフトウェア「AFREL-SR」(ニタコンサルタント(株))を用いて, 図-1の点線で示す領域で実施した。

上流端流量 Q は, 既往洪水データから求めた水位・流量関係式より, 杭瀬下(千曲川82.5k地点)と小市(犀川9.0k地点)の水位から各流量を求め, 解析範囲の上流端(村山橋直上流あたり, 千曲川60k地点)までの流下距離を考慮して, 足し合わせた流量 Q' を評価し, これに支流からの流入分を $\alpha Q'$ ($\alpha > 1.0$)と補正して与えることにした。支流からの流入分の補正は次のとおりである。浸水痕跡調査で長野市内では83箇所まで痕跡浸水深を取得した。補正係数 α を1.00~1.35まで0.05刻みで変化させ, 計算ごとに最大浸水深と痕跡浸水深の平均自乗誤差を算出し, これが最小となるケースを求めた。また, 下流端水位は立ヶ花水位局の観測データを与えた。

降雨は三才(長野市三才)のデータを用いて与えた。排水ポンプ場, 水門の稼働状況は長野県, 長野市から提供されたデータや新聞記事を参考に設定した。浅川を含めて主要な支流は, 計算領域の上流域で三才と同じ降雨があったものとして合理式で与えた。粗度係数は河道内を0.035, 市街地を0.05, 田を0.06, 森林を0.1とした。計算格子は10mメッシュで南北に9.64km(964メッシュ), 東西に7.77km(777メッシュ)の範囲で計算した。計算は12日0時~13日24時までの48時間, 計算間隔は0.04秒, 計算結果は15分ごとに出力した。図-2には計算と調査データ間の誤差が最小となった $\alpha=1.25$ の場合の上流端流量と下流端の立ヶ花の水位の時間変化を示す。

今次水害では千曲川左岸57.5k付近で発生した破堤が深刻な影響を与えている(図-1及び図-3)。長野市⁶⁾が応急対応をまとめた資料には10月13日1時12分に長野市穂保付近で千曲川からの越水が確認され, 4時38分には長沼地区で住居の2階まで浸水し, 堤防が決壊した模様との記述がある。また, 決壊範囲は図-3に示す70m程度あることが確認されているので, これらを参考にして,



国土地理院洪水推定段階図の浸水範囲に浸水痕跡データを追加。破線の枠で氾濫シミュレーション解析範囲を示す。

図-1 調査対象の高齢者施設の位置と氾濫解析の範囲

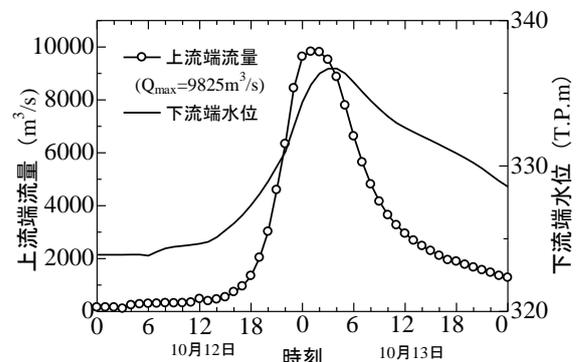


図-2 解析で用いた上流端流量及び下流端水位変化



図-3 長野市穂保の破堤箇所の解析方法説明図

破堤を13日1時から4時にかけて段階的に範囲を広げていったものとして取り扱った。計算で用いた破堤幅の時

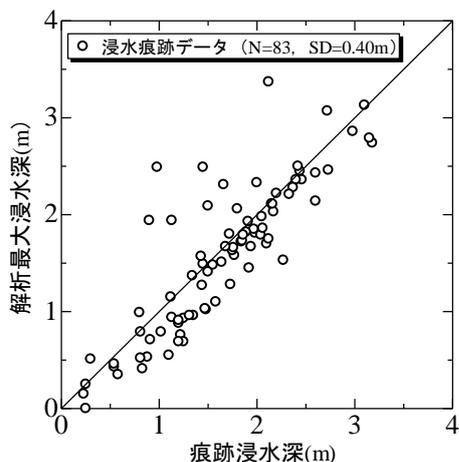


図-4 洪水氾濫再現計算結果と実測痕跡浸水深

間変化を図-3の左上側に示す。

最適補正係数 ($\alpha=1.25$) を用いた場合の計算結果と実測痕跡浸水深の関係を図-4に示す。長野市内の千曲川の氾濫計算での両者の誤差の標準偏差は0.40mである。痕跡調査地点の標高や解析に用いた標高値は5mDEMデータを利用しているが、5mDEMデータの精度は標準偏差で0.3mとされている⁷⁾。これらを考慮すると、洪水氾濫計算は概ね妥当な結果を与えていると考えられる。

3. 調査結果

(1) 長野市内の高齢者施設の避難行動

長野市で発表された気象・洪水警報、避難情報と各高齢者施設の避難行動について下記に示す⁶⁾。

【10月12日】

- 15時30分 大雨特別警報
- 18時 避難勧告（千曲川沿い）
- 23時40分 避難指示（緊急）が千曲川沿い
- 0時45分 避難指示（緊急）が赤沼地区等

a) 施設A（平屋、利用者74名、床下浸水）

施設Aは、千曲川の決壊地点から約2km離れた上流側に位置する。洪水ハザードマップ等で浸水の危険性は以前から認識しており、近隣の福祉施設と避難場所提供等に関する災害協定を締結して移動訓練を行うなど、実効性のある避難確保計画と訓練を実施していた。また、想定最大規模の降雨を想定して、2km離れた高台にあるスポーツ施設も避難先として検討していた。

12日の午前中から避難準備を始め、避難勧告発令直後に避難を開始した。避難先として、高台にあるスポーツ施設では移送時間がかかり過ぎると判断し、近隣の福祉施設へ避難した。福祉車両3台を使い、利用者全員を移送するのに5時間かかった。今回の災害で施設周辺は冠水したが、施設は停電しただけで浸水被害は免れた。

図-5に施設A周辺での最大浸水深の計算結果を示す。

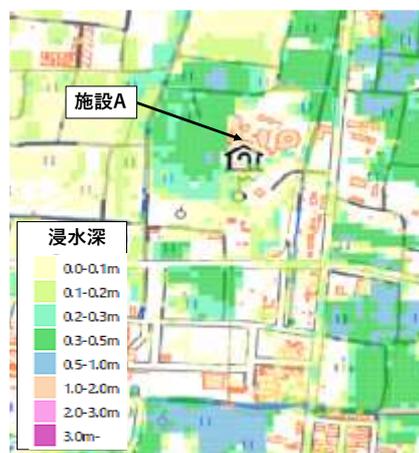


図-5 施設A周辺での最大浸水深再現計算結果

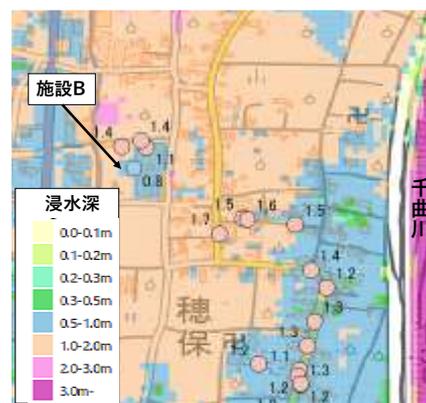


図-6 施設B周辺での最大浸水深再現計算結果

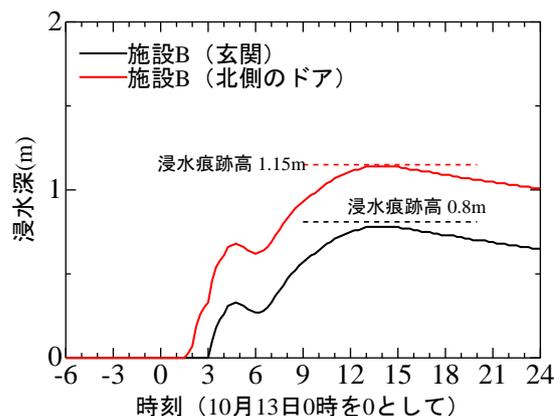


図-7 施設Bの浸水深変化（解析値）

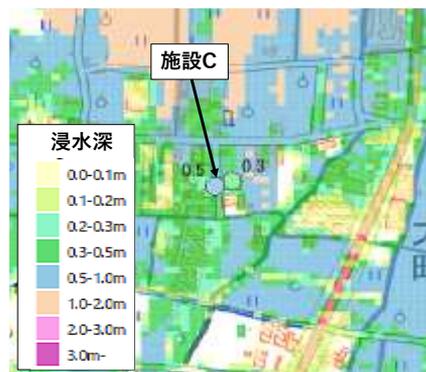


図-8 施設C周辺での最大浸水深再現計算結果

表-1 各施設の避難方法と避難時間

	施設A	施設B	施設C	施設D	施設E	施設F
建物	平屋	平屋+2階	2階	平屋	3階	平屋
利用者	74名	87名	18名	6名	108名	18名
平均介護度	4	4	3	不明	4	3
避難確保計画	有	有	有	有	有	有
避難先	近隣の福祉施設	別棟2階	施設2階→系列施設	系列施設	施設の上層階	施設E
避難先までの距離	約600m	—	約4km	約7km	—	約200m
移動手段	車	EV	車	車	EV、人力	車
避難開始時刻	12日20時頃	13日1時頃	12日23時30分頃	12日23時	12日16時30分	12日16時30分
避難時間	約5時間	約1時間	約3時間	約1時間	約3.5時間	約3.5時間
実際の浸水深	床下浸水	0.8m	0.3m	2.1m	2.4m	2.2m
計画規模	0.5~3m	3~5m	0.5~3m	3~5m	3~5m	3~5m
想定最大規模	5~10m	10~20m	5~10m	10~20m	10~20m	10~20m

概ね記録と一致し浸水状況を再現できていることが確認できる。

b) 施設B (平屋+2階, 利用者87名, 浸水深0.8m)

施設Bは、千曲川の決壊地点から約800m離れた上流側に位置する。洪水ハザードマップ等で浸水の危険性は以前から認識しており、想定最大規模の降雨を想定して、近隣の民間企業と避難場所提供等に関する災害協定を締結していた。

12日は万が一に備えて施設長や事務長らは待機していたものの、特別に職員を招集することまではしなかった。13日1時頃に地元消防団の半鐘で危険が迫っていることを感じ別棟の2階へ避難し2時前に避難を完了した。3時に停電、5時に1階部分が浸水した。7時からボートによる救出が開始され全員が救出されるまでに約10時間かかった。避難先として、近隣の民間企業のビルは、移動手段や利用者の健康面から現実的ではなかった。

図-6に施設B周辺での最大浸水深の計算結果を浸水痕跡水深値と比較して示す。概ね最大浸水深の状況を再現できていることが確認できる。図-7に施設Bの浸水深変化(解析値)を示す。13日の3時から12時にかけて急激に水位が上昇している。仮に、判断のタイミングがもっと遅ければ危険な状況になっていたかもしれない。

c) 施設C (2階, 利用者18名, 浸水深0.3m)

施設Cは、千曲川の決壊地点から約2km離れた上流側に位置する。洪水ハザードマップ等で浸水の危険性は以前から認識しており、地域の民生委員からも水害の歴史について話を聞いていた。また、2018年3月に市の指導を受けて浸水想定エリア外にある系列施設を避難先に追加するなど避難確保計画の見直しを行っていた。

12日23時30分頃に一旦は施設の2階に避難したが、その後、長野市防災情報ポータルで立ヶ花水位観測所の水位が氾濫危険水位に達したことを知り13日1時に系列施設へ移動する準備を開始した。1時30分に市から避難を促す電話を受け、車数台で利用者を移送し2時30分に避難を完了した。

図-8に施設C周辺での最大浸水深再現計算結果を浸水痕跡水深値と比較して示す。概ね最大浸水深の状況を再現できていることが確認できる。

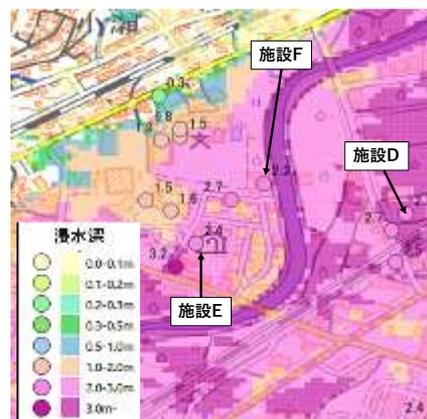


図-9 施設D, E, F周辺での最大浸水深再現計算結果

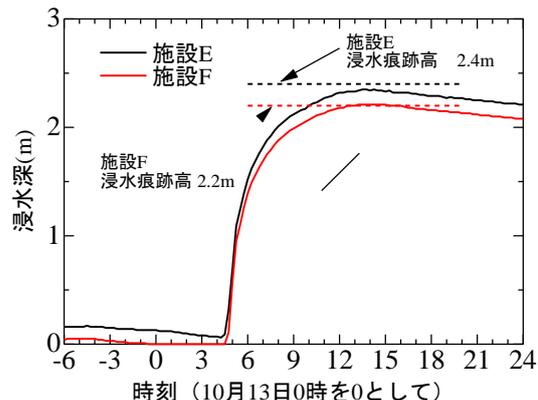


図-10 施設E, F周辺での浸水深変化(解析図)

d) 施設D (平屋, 利用者6名, 浸水深2.1m)

施設Dは、千曲川の決壊地点から約3km離れた下流側に位置する。12日の夜、村上橋のライブカメラを見て危険を感じ、23時に系列施設へ避難を開始し13日0時に避難を完了した。

e) 施設E (3階, 利用者108名, 浸水深2.4m)

施設Eは、浅川から約100m離れた左岸側で、千曲川の決壊地点から約3km離れた下流側に位置する。この地区は、浅川、鳥居川が千曲川に合流する地点にあり、昔から水に悩まされてきた地区である。施設Eも過去に浸水被害を受けた経験があったため、近隣の系列施設や隣接

する病院と連携した避難確保計画を策定し、水害想定
の避難訓練も繰り返し実施していた。

12日の大雨特別警報発令後に職員を招集し、15時30分
から避難準備を開始した。16時30分に系列施設である施設F
の利用者18名を施設Eへ移送し、同時に施設Eの1階
に住む利用者を上層階へ避難させた。13日5時15分に停
電となり、6時30分に施設前の道路が浸水し始め、8時30
分頃には水位が床上2.4mまで達したため9時30分に利用
者を2階から3階へ移動した。利用者は14日から16日にか
けてボートで救出され56ヵ所の施設等へ分散避難した。

f) 施設F (平屋, 利用者18名, 浸水深2.2m)

施設Fは、浅川から約5m離れた左岸側で、千曲川の決
壊地点から約3km離れた下流側に位置する。近隣の系列
施設である施設Eと病院と連携し、水害想定
の避難訓練を繰り返し実施していた。

12日16時30分に施設Eへ避難し、その後の行動は施設
Eと同じである。図-9に施設D, E, F周辺での最大浸水
深の計算結果を浸水痕跡水深値と比較して示す。概ね最大
浸水深の状況を再現できていることが確認できる。図
-10に施設E, Fの浸水深変化(解析値)を示す。13日の
5時から12時にかけて急激に水位が上昇しているが、施設
E, Fは早い段階で避難を完了しており日頃の訓練の
成果と言える。

表-1に各施設の避難方法と避難時間等を整理した。

避難確保計画については、6施設全てが今次災害発生
前に策定済みであった。このような大規模な水害にも関
わらず人的被害が出なかった要因として、避難確保計画
が一定の効果を発揮したと言える。平屋建てのA, D, F
は車を使って近隣の福祉施設や系列施設へ水平避難した。
上層階のあるB, C, EはEVか人力によって自施設で垂
直避難した。避難開始時刻については、全ての施設が夕
方以降で、避難完了までに1時間～5時間を要した。高齢
者施設特有の課題として、人手、車両、福祉的環境の
整った避難先の確保などが重要事項であることが分か
った。また、被災前の避難確保計画と実際の避難行動の比
較検証においては、AとBが計画通りの行動を取れな
ったことが分かった。これは、浸水想定区域の前提となる
降雨の規模が計画規模から想定最大規模に拡充されたこ
とを受けて、それに対応した避難場所を無理に選定して
いたことが原因であった。以上のことから、避難確保計
画の実効性を高める方法として、計画規模と想定最大規
模との両面から再検証する必要がある。

4. 想定最大規模の降雨に対応した避難確保計画に

おける実効性の課題

避難確保計画とは、水害や土砂災害に備えた、要配慮
者利用施設(社会福祉施設, 学校, 医療施設など)が利

用者の円滑かつ迅速な避難を行うための計画である。
2016年の台風第10号で岩手県の高齢者施設で入所者9名
が犠牲となった教訓から、2017年6月19日に水防法及び
土砂災害防止法が改正され、浸水想定区域および土砂災
害警戒区域内の市町村地域防災計画に定められた要配慮
者利用施設の管理者等に対して避難確保計画の作成と避
難訓練の実施が義務付けられた。また、洪水に係る浸水
想定区域については、河川整備において基本となる降雨
を前提とした区域から、想定し得る最大規模の降雨を前
提とした区域に拡充され、当該区域に係る市町村は洪水
ハザードマップを作成し公表することになった。つまり、
それまで100年に一度程度の「計画規模」が、1000年に
一度の「最大規模」に変わった。

避難確保計画に定める必要のある事項は(1) 防災体
制、(2) 避難誘導、(3) 施設の整備、(4) 防災教育
および訓練の実施、(5) 自衛水防組織の業務(水防法
に基づき自衛水防組織を置く場合)の6項目である。国
土交通省は、策定促進と実効性の高い計画作成を支援す
るために、「要配慮者利用施設(医療施設等を除く)に
係る避難確保計画作成の手引き⁸⁾」(洪水・内水・高潮
編)やその解説編、様式編、記載例、事例集⁹⁾、計画点
検用マニュアル¹⁰⁾などを公表している。

避難確保計画に関する先行研究として、永家ら¹¹⁾は、
高齢者施設の立地特性に着目した水害時の支援方法とし
て、施設属性と災害リスクの地理情報分析を基にした体
系的な避難計画の必要性を指摘している。金井ら
(2017¹²⁾, 2018¹³⁾)は、要配慮者利用施設では避難に時
間と人手を要するため、施設特性に応じた避難行動開始
基準の必要性を指摘している。宇田川¹⁴⁾は、計画策定済
みの施設への調査から、避難経路の安全性や利用者の健
康維持が懸念事項であることを明らかにし、実行可能性
向上のための対策として、気象情報等の収集・分析体制
を強化すること、避難対象となる人員を減らし避難誘導
のための人員・資機材を確保するために避難開始基準や
サービス停止基準等を設けることを提案している。

以上のような法整備の強化や施設関係者の努力により、
長野市内の高齢者施設は浸水被害を受けたものの人的被
害は免れた。しかし、それは今回の台風に対してであ
って、今後想定される1000年に一度の大雨に耐えられる
ということではない。今後、想定最大規模の降雨に対応
した避難計画が求められる中で、どうすればよいのか施設
は頭を悩ませている。この問題を具体的に検証するため、
施設Aを事例として考える。想定最大規模のハザード
マップにおける施設Aの浸水深は5～10m未満で、計画規
模と比べると9倍以上である。避難確保計画を見直す際、
約2km離れた高台にあるスポーツ施設を避難先として検
討したが、移送時間がかかることや福祉的な設備不足に
よる利用者の心身の負担を考えると現実的ではなかった。
今回の災害に直面した際もどうするか迷ったが、やはり
難しいと判断し、従来から避難場所提供等に関する災害

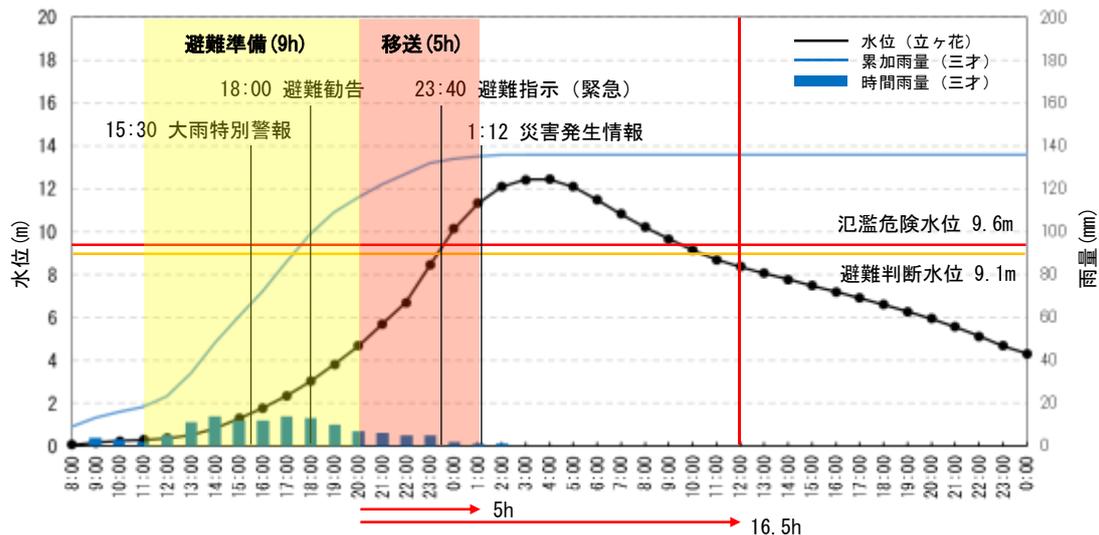


図-11 施設Aの避難行動と避難情報、雨量・水位情報を重ね合わせたもの

協定を締結している近く(約600m)の福祉施設へ5時間かけて避難した。図-11は、施設Aの避難行動、避難情報、雨量・水位情報を重ね合わせて時系列で示したものである。仮に、2km離れた高台にあるスポーツ施設に避難した場合の時間を単純計算すると、5時間×3.3(2000÷600)で16.5時間という結果になる。もはや、これまでの「早めの避難」ではなく「タイムライン」に基づく早めの日中避難へと考えを変える必要がある。また、被災を前提にした設備や建物にすることで仮に被災してもすぐに復旧できるという考え方もある。例えば、変電設備を屋上に設置し、低層階が浸水しても主要機能だけは維持できるような設計にしているところもある。また、西日本豪雨災害で被災した岡山県倉敷市のある介護事業所が、避難機能付き共同住宅を建設するといった事例¹⁵⁾もある。さらに、東日本大震災の後、沿岸部の街が高台移転したことを踏まえると、これからの土地利用や都市計画についても議論が必要になってくるだろう。

謝辞：本調査にご協力頂きました高齢者施設の皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 気象庁：災害時気象報告，令和元年東日本台風による10月10日から10月26日にかけての大雨・暴風等，2020。
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_2019/saigaiji_202003.pdf，(2021年4月1日閲覧)
- 2) 気象庁：令和元年台風第19号に伴う大雨の要因について，2019。
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yohokaisetu/T1919/mechanism.pdf>，(2021年4月1日閲覧)
- 3) 国土交通省：令和元年台風第19号による被害状況等について(第50報)，令和元年12月14日。
<https://www.mlit.go.jp/common/001319108.pdf>，(2021年4月1日閲覧)
- 4) 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65報)，令和2年

- 2月12日9時。
<https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/taihuu19gou65.pdf>，(2021年4月1日閲覧)
- 5) 長野市：令和元年台風19号長野市浸水推定区域図，2019年10月。
<https://www.city.nagano.nagano.jp/uploaded/attachment/334877.pdf>，(2021年4月1日閲覧)
- 6) 長野市：長野市災害復興計画<令和元年東日本台風関連>，pp.1-13，2020.。
<https://www.city.nagano.nagano.jp/uploaded/attachment/343808.pdf> (2021年4月1日閲覧)
- 7) 国土地理院：基盤地図情報(数値標高モデル)で提供しているデータについて，
<https://fgd.gsi.go.jp/otherdata/spec/DEMgaiyo.pdf>，(2021年4月1日閲覧)
- 8) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防室：要配慮者利用施設(医療施設等を除く)に係る避難確保計画作成の手引き(洪水・内水・高潮編)，23p.，2017.
- 9) 内閣府(防災担当)ほか：要配慮者利用施設における避難に関する計画作成の事例集(第3版)，59p.，2019.
- 10) 厚生労働省・国土交通省：水害・土砂災害に係る要配慮者利用施設における避難計画点検マニュアル，16p.，2017.
- 11) 永家忠司，田上晶子，猪八重拓郎，外尾一側：高齢者施設の立地特性に着目した水害における避難支援に関する研究，低平地研究，No.20，june，pp.25-30，2011.
- 12) 金井純子，湯浅恭史，中野晋，渡辺一也：要配慮者利用施設の初動対応・事業継続におけるタイムラインの必要性，土木学会論文集F6(安全問題)，Vol.71，No2，I_47-I_54，2016.
- 13) 金井純子，三好学，安藝浩資，中野晋：高齢者施設における洪水時の「避難開始の判断」の重要性と判断の目安の設定方法，土木学会論文集F6(安全問題)，Vol.73，No2，I_139-I_146，2018.
- 14) 宇田川真之：要配慮者利用施設における風水害の実効的な避難確保計画の策定促進にむけた提案，災害情報，No.17-2，pp.201-pp.211，2019.
- 15) 毎日新聞(地方版)：ぶどうの家の半年/災害に強い集合住宅，今すぐ避難できぬ人に応えたい/岡山，2019年1月26日。

(2021.4.2受付)