

令和3-4年度厚生労働行政推進調査事業費補助金（地域医療基盤開発推進研究事業）
「浸水被害も含めた、新たな医療機関の事業継続計画(BCP)策定に資する研究」

分担総合研究報告書
「頻発・激甚化する豪雨水害とBCPのあり方に関する研究」

研究分担者 佐々木宏之（東北大学災害科学国際研究所 災害医療国際協力学分野 准教授）

研究要旨

【目的】過去の豪雨水害と病院被害の様相について地理情報システム(GIS)的視点を加味して分析し、今後の国内各病院や地域医療の災害時事業継続に資する対応策を検討する。【研究方法】①洪水浸水想定区域・土砂災害ハザードエリアと病院マッピング：厚労省各地方厚生局及び都道府県の公開する病院所在地情報と、国交省公開の国土数値情報（洪水浸水想定区域データ）からGISソフトウェア（ArcGISシステム、ESRIジャパン社）を用いて、洪水浸水想定区域・土砂災害ハザードエリア内に立地する病院について解析。②浸水病院事例解析：過去に浸水被害を経験した病院について報道ベース、「医学中央雑誌」文献ベースで解析。③洪水・土砂災害を加味し病院BCPに含める要素について国交省「建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン」等をもとに建築工学、BCP研究者視点から検討。【結果】①災害拠点病院765病院中221病院（28.9%）、非災害拠点病院7406病院中2044病院（27.6%）が洪水浸水想定区域内に立地。また災害拠点病院765病院中19病院（2.5%）、非災害拠点病院7406病院中405病院（5.5%）が土砂災害ハザードエリア内に立地。②報道・文献ベースの解析では、浸水被害を経験したほとんどの病院が洪水浸水想定区域内に立地。③既存・新規設置病院別、ハザードマップ上の想定浸水深別、さらにタイムラインとして、水害に対する病院BCPに盛り込むべき項目を抽出した。【考察】国土数値情報（洪水浸水想定区域データ）内には全ての二級水系データ、内水氾濫のデータが網羅されていないため、洪水浸水想定区域内に含まれる病院数は本研究結果よりも多くなる可能性が高い。水害・土砂災害において脆弱なのは過去にハザードに曝露された頻度が低い地域であり、過去の水害・土砂災害歴、土地利用変遷を知ることでもリスクを認識できることもある。水害を念頭に置いたBCPに含めるべき要素も抽出したが、これら実践によっても全ての水災を防ぐことはできない。しかし、被災する病院数、被災程度、復旧に要する時間・資金、被災住民への影響を低減し、公的支援力の更なる有効活用を目指すことができる。

【研究協力者】

- 橋本雅和（東北大学災害科学国際研究所災害ジオインフォマティクス研究分野）
- Erick Mas（同研究所災害ジオインフォマティクス研究分野）
- 榎田竜太（同研究所地震工学研究分野）
- 丸谷浩明（同研究所防災社会推進分野）
- 森口周二（同研究所計算安全工学研究分野）

実施項目（担当）	令和3年度	令和4年度
GIS解析（洪水浸水想定区域or土砂災害ハザードエリア×病院プロット） （佐々木、橋本、エリック、森口）	↔	研究① 研究②
浸水病院事例分析（机上） （佐々木、橋本、榎田、丸谷）		↔ 研究③
洪水浸水or土砂災害に関し病院BCPに含める構成要素の抽出 （佐々木、橋本、榎田、丸谷）		↔ 研究④
最終成果物取りまとめ（論文？提言？） （佐々木ほか全員）		↔

図1 研究計画工程

A. 研究目的

過去の豪雨水害と病院被害の様相について地理情報システム(GIS)的視点を加味して分析し、今後の国内各病院や地域医療の災害時事業継続に資する対応策を検討する。

B. 研究方法

図1に示す研究工程、役割分担によって研究を実施した。

〈洪水浸水想定区域及び土砂災害ハザードエリア内に立地する病院分析〉

過去の豪雨水害及び浸水シミュレーション等をもとに国、自治体によって設定されたハザードマップ内に立地する病院について地理情報システム(GIS)的視点から分析した。具体的には、洪水浸水想定区域（研究①）及び土砂災害ハザードエリア

（研究②）については「国土数値情報（洪水浸水想定区域データ）」（国土交通省、https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A31-v2_2.html#prefecture04、2021年11月18日取得）を、病院位置情報については「広域災害救急医療情報システム(EMIS)」（厚生労働省）、厚労省各地方厚生局及び都道府県ホームページ上で公開している病院名簿の所在地情報（2022年8月15日～9月1日取得）から算出した座標を用いた。研究初年度において、商用データベース（PAREA Medical 病院・診療所（2021年度版、国際航業社）を用いて研究を実施していたが、研究に用いるための病院データに欠損が多く、最終的にはEMIS及び各地方厚生局及び都道府県公開データを用いて研究を実施した。ES

RIジャパン社「ArcGIS」システムを用いて洪水浸水想定区域及び土砂災害ハザードエリア内に立地する病院を明らかにした。担当：防水工学橋本、斜面災害森口、GISエリック、災害医療佐々木。

〈過去の水害で浸水した病院の事例分析〉

「医学中央雑誌」（医学中央雑誌刊行会、<https://www.jamas.or.jp>）で入手可能な原著論文、インターネット上に公開されている報道記事をもとに事例解析を行った（研究③）。担当：災害医療佐々木。

〈水害及び土砂災害に関し病院BCPに含める構成要素の検討〉

「建築物における電気設備の浸水対策ガイドラインガイドライン」（国土交通省住宅局、https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_tk_000132.html、2020年6月）、「防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン」（国土交通省住宅局、<https://www.mlit.go.jp/common/001292551.pdf>、2019年6月）等をもとに、建築工学、BCP研究分野の専門的視点から検討した（研究④）。担当：建築工学榎田、BCP分野丸谷、災害医療佐々木。

〈倫理面への配慮〉

本研究においては研究対象に個人情報、動物実験等を含まず、既に公開されている省庁データベース、商用データベース、論文等を対象とすることから倫理面への配慮を必要としない。

C. 研究成果

〈洪水浸水想定区域及び土砂災害ハザードエリア内に立地する病院分析〉

○洪水浸水想定区域内に立地する病院（研究①）

2022年8月末時点において災害拠点病院765病院中221病院（28.9%）、非災害拠点病院7406病院中2044病院（27.6%）が洪水浸水想定区域内に立地した。洪水浸水想定区域内に立地する災害拠点病院221病院の地図プロット（図2）、都道府県別洪水浸水想定区域内立地病院データ（表1）を示す。

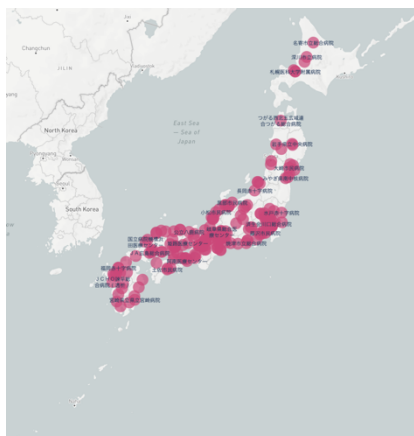


図2 洪水浸水想定区域内に立地する災害拠点病院(221)

○土砂災害ハザードエリア内に立地する病院（研究②）

2022年8月末時点において、災害拠点病院765病院中19病院（2.5%）、非災害拠点病院7406病院中405病院（5.5%）が土砂災害ハザードエリア内に立地した。土砂災害ハザードエリア内に立地する災害拠点病院19病院の地図プロット（図3）及び非災害拠点病院405病院の地図プロット（図4）を示す。

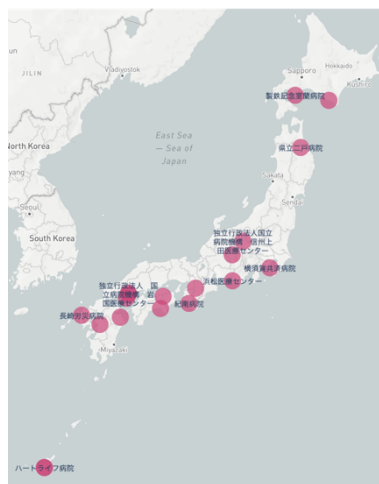


図3 土砂災害ハザードエリア内に立地する災害拠点病院(19)

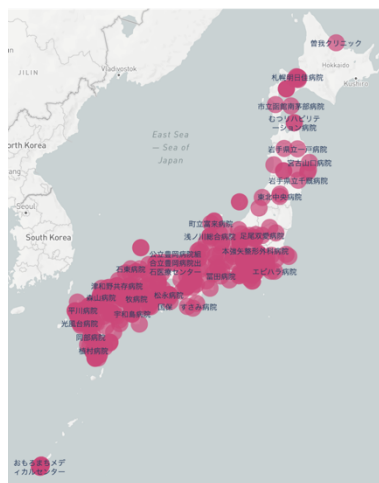


図4 土砂災害ハザードエリア内に立地する非災害拠点病院(405)

〈過去の水害で浸水した病院の事例分析〉（研究③）

「医学中央雑誌」、インターネット上において検索可能な文献において、浸水被害を報告した病院のほとんどは浸水ハザードマップ内に立地していた。また事前の防水対策が重要施設への浸水を防ぎ、機能維持に奏功した事例も報告されていた（図5～9）。

〈水害及び土砂災害に関し病院BCPに含める構成要素の検討〉（研究④）

建築工学、BCP研究者等の検討においてハザードマップのエリア外に病院が立地していることが望ましいものの費用面その他で現実的ではないこと

表1 都道府県別洪水浸水想定区域内立地病院データ
(50%以上を赤字で示す)

都道府県	災害拠点病院	非災害拠点病院	全病院	都道府県	災害拠点病院	非災害拠点病院	全病院
北海道	6/34 (17.6)	165/507 (32.5)	171/541 (31.6)	滋賀県	5/10 (50)	17/48 (35.4)	22/58 (37.9)
青森県	1/10 (10)	17/80 (21.3)	18/90 (20)	京都府	7/13 (53.8)	61/147 (41.5)	68/160 (42.5)
岩手県	2/11 (18.2)	14/81 (17.3)	16/92 (27.4)	大阪府	7/18 (38.9)	196/487 (40.2)	203/505 (40.2)
宮城県	7/16 (43.8)	40/119 (33.6)	47/135 (34.8)	兵庫県	7/18 (38.9)	82/329 (24.9)	89/347 (25.6)
秋田県	2/13 (15.4)	16/52 (30.8)	18/65 (27.7)	奈良県	2/7 (28.6)	17/68 (25)	19/75 (25.3)
山形県	2/7 (28.6)	13/60 (21.7)	15/67 (22.4)	和歌山県	3/10 (30)	24/73 (32.9)	27/83 (32.5)
福島県	0/8 (0)	14/121 (11.6)	14/129 (10.9)	鳥取県	4/4 (100)	18/39 (46.2)	22/43 (51.2)
茨城県	4/18 (22.2)	27/156 (17.3)	31/174 (17.8)	島根県	5/10 (50)	7/36 (19.4)	12/46 (26.1)
栃木県	3/13 (23.1)	17/96 (17.7)	20/109 (18.3)	岡山県	7/11 (63.6)	69/148 (46.6)	76/159 (47.8)
群馬県	2/17 (11.8)	23/110 (20.9)	25/127 (19.7)	広島県	7/19 (36.8)	66/212 (31.1)	73/231 (31.6)
埼玉県	11/22 (50)	142/322 (44.1)	153/344 (44.5)	山口県	1/15 (6.7)	17/124 (13.7)	18/139 (12.9)
千葉県	4/26 (15.4)	36/263 (13.7)	40/289 (13.8)	徳島県	6/11 (54.5)	44/95 (46.3)	50/106 (47.2)
東京都	18/85 (21.2)	169/541 (31.2)	187/626 (29.9)	香川県	2/10 (20)	27/77 (35.1)	29/87 (33.3)
神奈川県	11/35 (31.4)	52/303 (17.2)	63/338 (18.6)	愛媛県	1/8 (12.5)	17/126 (13.5)	18/134 (13.4)
新潟県	4/14 (28.6)	39/106 (36.8)	43/120 (35.8)	高知県	3/12 (25)	22/108 (20.4)	25/120 (20.8)
富山県	6/8 (75)	59/98 (60.2)	65/106 (61.3)	福岡県	4/31 (12.9)	66/422 (15.6)	70/453 (15.5)
石川県	2/11 (18.2)	16/80 (20)	18/91 (19.8)	佐賀県	4/8 (50)	31/88 (35.2)	35/96 (36.5)
福井県	6/9 (66.7)	31/58 (53.4)	37/67 (55.2)	長崎県	1/14 (7.1)	3/133 (2.3)	4/147 (2.7)
山梨県	3/10 (30)	18/50 (36)	21/60 (35)	熊本県	3/15 (20)	53/191 (27.7)	56/206 (27.2)
長野県	6/13 (46.2)	19/113 (16.8)	25/126 (19.8)	大分県	2/14 (14.3)	11/137 (8)	13/151 (8.6)
岐阜県	8/12 (66.7)	35/85 (41.2)	43/97 (44.3)	宮崎県	4/12 (33.3)	22/120 (18.3)	26/132 (19.7)
静岡県	5/23 (21.7)	43/147 (29.3)	48/170 (28.2)	鹿児島県	2/14 (14.3)	38/217 (17.5)	40/231 (17.3)
愛知県	13/36 (36.1)	96/283 (33.9)	109/319 (34.2)	沖縄県	0/13 (0)	4/74 (5.4)	4/87 (4.6)
三重県	8/17 (47.1)	31/76 (40.8)	39/93 (41.9)	計	221/765 (28.9)	2044/7406 (27.6)	2265/8171 (27.7)


〈浸水病院事例〉結果：内水氾濫（湛水型）+外水氾濫



- 事例：世田谷記念病院
- 所在地：東京都世田谷区野毛2丁目30-10
- 機能：非災害拠点
- 病床数：146 (2022.7.18)
- ハザード：令和元年東日本台風（台風19号）
- 洪水タイプ：内水（湛水）+外水
- 概要：10/12 15時頃から病院内に浸水。2階の入院患者約50名を3~5階に垂直避難。10/13 4時半頃から水が引き始めた。地下の厨房水没。8時頃から全入院患者168名を転院させた（東京都医療救護班、13医療機関15チーム、10カ所以上の病院へ）。

図5 浸水病院事例：内水氾濫（湛水型）+外水氾濫

〈浸水病院事例〉結果：外水氾濫



- 事例：まび記念病院
- 所在地：岡山県倉敷市真備町川辺2000番地1
- 機能：非災害拠点
- 病床数：80 (2022.7.18)
- ハザード：平成30年7月豪雨（西日本豪雨） ※真備町「水害常襲地」
- 洪水タイプ：外水氾濫
- 概要：7/7 0時近隣アルミ工場爆発→負傷者複数搬送。8時 院内に浸水開始。9時停電・断水、電話不通。12時1階ほぼ水没。午後、救助された近隣住民がボートで搬送（自衛隊）。入院患者76、附属施設利用者16、近隣避難者212、職員31、計335名。7/8 救出開始。病院関連のクリニック2カ所が無事。病院2階で無傷だった電カルサーバ、画像サーバを関連クリニックに移設しカルテ・画像復旧。

図7 浸水病院事例：外水氾濫

〈浸水病院事例〉結果：内水氾濫（湛水型）



- 事例：国保丸森病院
- 所在地：宮城県伊具郡丸森町島屋27
- 機能：非災害拠点
- 病床数：90（一般55,療養35, 2022.7.23）
- ハザード：令和元年東日本台風（台風19号） ※丸森は伊達藩の「砦」
- 洪水タイプ：内水氾濫（湛水型）
- 概要：10/12午後、町内排水機能停止。10/13 1:45頃病院への浸水開始。断水、外部通信機能遮断。1階全域が約20cm浸水。10/14 浸水した泥水が減る気配なし。10/15 朝、浸水引き始め。車や人が通行可能に。同午前、全患者55名中、自宅退院者などを除く49名の移送決定。DMAT12隊と消防14チームで、3日間で山南7病院へヘリコプター移送を完遂。10/28、3階で仮設外来診療再開。

図6 浸水病院事例：内水氾濫（湛水型）

〈浸水病院事例〉東日本台風による被害と対策（郡山、星総合病院）



復旧工事
 建物：約 7.5 億円
 医療機器：約 3.1 億円
 その他：約 0.3 億円
 合計：約10.9 億円
 （厚労省災害復旧費補助金 約5.2億円）

【恒久的止水対策】建物周囲へのコンクリート擁壁敷設、重要インフラ設備へのコンクリート擁壁敷設、建物入口等への止水板設置、EVピット内排水溝設置、逆流防止弁付配管、雨水排水ポンプ増設、逆流防止水門の設置、など。

恒久的止水対策工事
 約 5.0 億円
 （郡山市立地企事業継続対策補助金 約1.2億円）

図8 浸水病院事例：被害と対策

から、既存病院における浸水対策と、新規病院建設における浸水対策とに分けて検討した。このうち既存病院における事前対策は、次に述べる浸水深

毎のタイムラインの建築工学的事前対策に合わせて言及する。
新規病院建設における浸水対策（ハード）



図9 事例：事前対策による浸水防止

1. ハザードマップ外の病院建設を考慮する。
2. ハザードマップ内での建設
 - ① 嵩上げ
 - ② 高圧受電設備（変電設備を含む）や非常用電源設備等は想定浸水高さ以上の場所に設置する。
 - ③ 低層階や地下空間に機能継続に必要な室・設備等を配置しない（設けざるを得ない場合は、別途浸水対策が必要。）
 - ④ 緊急対応のための活動拠点室等は、エレベーターの機能不全も考慮し、想定浸水高さ以上の低層階に配置する。

想定浸水深毎の病院事前対策（タイムライン）

ハザードマップの浸水想定エリア内に立地する既存病院の事前対策について、リスクを加味せず押し並べてエリア外への病院移転や土地全体の嵩上げ等を推奨することは現実的に困難なことから、ハザードマップに示される想定浸水深毎の事前対策及びタイムラインを、建築工学・BCPの専門的見地から表2にまとめた。想定浸水深の区分については国土交通省「洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）」（https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/pdf/manual_kouzuishinsui_1710.pdf）を参考に①~0.5m、②0.5~1m、③1~3m、④3m~の4段階に区分した。

D. 考察

過去の豪雨水害と病院被害のリスクについて地理情報システム(GIS)的視点を加味して分析し、学際的・専門的見地から今後の病院水害対策、事業継続に資する対応策について検討を行った。

洪水浸水想定区域及び土砂災害ハザードエリア内に立地する病院分析においては国土交通省「国土数値情報（洪水浸水想定区域データ）」を用いたが、このなかには全ての二級水系データ、さらには内水氾濫による洪水浸水想定区域が網羅されているわけではなく、本研究によって導き出された災害拠点病院の28.9%、非災害拠点病院の27.6%よりも多くの病院が浸水リスクにさらされている可能性が高いことが判明した。内水氾濫データ（シェープファイル）は国による一元的に管理・公開はなされておらず、都道府県、市町村による公開が行われているかも不明である。内水氾濫浸水調査の実施主体が都道府県、市町村であることに起因するが浸水想定に関するデータが一元管理されていないことは、国レベルで調査を遂行する上では不都合だった。またポータルサイト「重ねるハザードマッ

プ」（国交省）にはすべての内水氾濫が反映されていないことから、各病院は「重ねるハザードマップ」の閲覧のみでは自院の浸水リスク評価が不十分となり、都道府県、市町村によってPDF版として公開されていることの多い各自治体のハザードマップを改めて閲覧する必要がある。

各地域の水害の歴史を把握することでハザードマップに反映されていない水害、土砂災害リスクを認識できる、という指摘も研究協力者よりあった。

土砂災害ハザードに関し、ハザードマップ「特別警戒区域」、「警戒区域」、「危険箇所（危険溪流）」の意味を医療従事者はしっかり把握すべき、との指摘が研究協力者よりあった。このうち、「特別警戒区域」、「警戒区域」については土砂災害防止法、市町村地域防災計画によって土地開発の制限や、避難計画策定などを求められる。

土砂災害ハザードを抑止または最小化する具体的な事前対策（例、砂防堰堤、抑止杭、集水井、等）は個々の病院で担当するのは難しくほとんどの場合は行政の仕事となる。個々の病院単体では、①リスク回避、②発災後対応を考えておく必要がある。既存病院、新規病院建設について分けて考える。

既存病院における①リスク回避では、完璧でなくてもできる範囲の対応を考える。被害の最小化を図るため、リスクの高いエリアを駐車場として利用する、非常用発電機などクリティカルな設備を設置しない、緩衝地を設定する、等、人的・物的被害を軽減させ得る敷地・施設利用を考える。

既存病院の②発災後対応として、病院避難の可能性を強く認識し、患者の避難先・治療分担をどの病院に依頼するのか、想定を発災前に行政を巻き込んで議論しておく必要がある。事後の受援、避難のために、周辺道路の被害想定を確認しておく必要もある。

新規病院建設や移築にあたって、①リスク回避として、造成地情報（切土/盛土）を得ておくことが重要との指摘が研究協力者よりあった。通常、土地造成に関する情報は公開されていない。できる限り造成地情報を得て病院新築、移築することを推奨する。特に、高度成長期に造成された盛土内部や切盛境界地においてはリスクが高い。②の発災後対応に関しては上記既存病院の発災後対応を参照されたい。

病院を所掌する都道府県また市町村部局に、病院の被災リスクを事前に認識してもらい、さらにはその認識を更新していける仕組みを提案することも重要である。都道府県、市町村での災害対応訓練時に具体的な病院名とその病院の有するハザードをハザードマップから読み取り、対応を検討する訓練なども有用である。

図3,4から土砂災害ハザードエリア内に立地する病院は西日本に多いように見える。このことについて土砂災害ハザードを主として担当した森口研究協力者から、「過去に西日本で大雨が降り大災害が多くあったことから、土砂災害警戒区域等の指定は西日本に多くなる。そのために警戒区域内に立地する病院が多くなることも必然である」という認識が示された。ただ、そのことによって東日本に比して西日本の地形・地質が極端に弱く危険、と

表2 想定浸水深毎の病院事前対策（タイムライン）

	建築工学的 事前対策	事前対策	直前対策 (6時間前)	直後対応	その後の対応
④ 3m～ (床上浸水： 甚大被害)	<input type="checkbox"/> 浸水ハザード外への移転検討 <input type="checkbox"/> 加えて①②③項	<input type="checkbox"/> 全病院避難計画策定（行政との連携体制構築） <input type="checkbox"/> ポートやヘリによる患者搬出、人的・物的資源受け入れの計画策定 <input type="checkbox"/> 主要設備・資器材水没も避けられないことから、病院移転についても具体的に検討することを推奨 <input type="checkbox"/> 加えて①②③項	<input type="checkbox"/> 全病院避難を想定した準備開始 <input type="checkbox"/> 加えて①②③項	<input type="checkbox"/> 被害に応じた病院避難開始 <input type="checkbox"/> 加えて①②③項	<input type="checkbox"/> 被害状況及び復旧目途の情報発信（HPその他）
③ 1m～3m (床上浸水： 電源喪失)	<input type="checkbox"/> 高上げ（敷地全体・出入口） <input type="checkbox"/> 外部電源接続盤（建物外部）設置 <input type="checkbox"/> 加えて①②項	<input type="checkbox"/> 重症入院患者の病院避難計画策定（行政との連携） <input type="checkbox"/> 周辺の広域洪水による停波に備え、衛星携帯電話などを設置 <input type="checkbox"/> 架台に乗せた非常用発電機や通信機材の水没も想定した対応の検討 <input type="checkbox"/> 加えて①②項	<input type="checkbox"/> 重症入院患者の転院準備開始（紙カルテ準備を含む） <input type="checkbox"/> 支援者受け入れに向け準備を開始 <input type="checkbox"/> 加えて①②項	<input type="checkbox"/> 被害に応じた病院避難開始 <input type="checkbox"/> 加えて①②項	<input type="checkbox"/> 被害状況及び復旧目途の情報発信（HPその他）
② 0.5m～1m (床上浸水： 院内浸水)	<input type="checkbox"/> 防水区画の形成 <input type="checkbox"/> 耐水性の高い設備採用 <input type="checkbox"/> 非常用発電機の上層階への設置 <input type="checkbox"/> 加えて①項	<input type="checkbox"/> 低層階入院患者（独歩可能）の垂直避難タイムライン作成 <input type="checkbox"/> 孤立解消後の一部入院患者の転院手順検討 <input type="checkbox"/> 支援者等をポートで病院内に受け入れるための準備 <input type="checkbox"/> 1日以上完全孤立に備えたBCP策定 <input type="checkbox"/> 加えて①項	<input type="checkbox"/> 非常用発電機の燃料切れ・浸水による機能停止も想定しておく <input type="checkbox"/> 加えて①項	<input type="checkbox"/> 一部機能のみの復旧または周囲医療ニーズに合わせた対応の検（代替診療設備の利用検討を含む） <input type="checkbox"/> 加えて①項	<input type="checkbox"/> 被害状況及び復旧目途の情報発信（HPその他）
① ～0.5m (床下浸水： 敷地内浸水)	<input type="checkbox"/> 止水板・土嚢設置、水防ライン設定 <input type="checkbox"/> 電気設備室の防水措置（防水扉、機器の高上げ設置） <input type="checkbox"/> キュービクル式高圧受変電設備の防水措置 <input type="checkbox"/> EV対策 <input type="checkbox"/> 排水・貯留設備からの逆流対策	<input type="checkbox"/> 独歩不可患者を1階に入院させない <input type="checkbox"/> 放射線・検査、通信交換機、データサーバ等の重要機器、備蓄庫（食料品・医薬品）の上層階設置または防水扉の設置等 <input type="checkbox"/> 病院及び周辺道路の浸水継続時間の推定と、それに見合った備蓄の積み増し <input type="checkbox"/> 胴長、長靴などの個人装備 <input type="checkbox"/> 支援・受援の連携訓練	<input type="checkbox"/> 非常用発電機の残燃料の確認 <input type="checkbox"/> 情報バックアップシステム再確認 <input type="checkbox"/> コンタクトリスト再確認 <input type="checkbox"/> 不足している備蓄品の緊急買い増し <input type="checkbox"/> 病院車両の高台移動（避難） <input type="checkbox"/> 可搬高額機器の垂直避難	<input type="checkbox"/> EMISの確実入力 <input type="checkbox"/> 被害状況の連絡と必要時の支援要請（行政、医師会、各ステークホルダー等へ） <input type="checkbox"/> 周辺道路状況の確認（病院へのアクセスが可能か）	<input type="checkbox"/> 被害状況及び復旧目途の情報発信（HPその他）

いうことではなく、「大雨に対する耐性は圧倒的に西日本の方が強い。その地域の雨に対する耐性は過去に経験してきた雨の多さに比例する」という指摘があがった。

過去の水害で浸水した病院の事例分析においては、被災について論文報告また報道をなされていた病院のほとんどがハザードマップ内に立地していた。事例として取り上げた福島県郡山市の星総合病院は台風被害を経験し、その被害を凌ぐ水害対策を実施した（図8）。被害額に対して対策に要した費用は約半額で、その対策が将来にわたって機能し続けた場合は東日本台風で被った被害額に相当する被害を長期に渡って抑制もしくは低減できる可能性が高い。また、京都大学においては事前の防水対策が重要施設への浸水を防ぎ、機能維持に奏功していた（図9）。

水害及び土砂災害に関し病院BCPに含める構成

要素の検討においては、従来、日本でハザードとして捉えられることの多かった地震ハザードとは異なったアプローチでハード面・ソフト面の対策を検討する必要があった。例えば地震対策では建物荷重を考慮しレントゲン機器、非常用発電機等は下層階への設置が原則となるが、水害対策の場合は逆に上層階に設置することが望ましく、また地震に対しては免震装置の導入が効果的だが、水害には免震装置が奏功せず代わりに擁壁や止水板設置等に病院資金を割り当てる必要がある。既存施設、新規病院設置でも対策・考え方が異なることから分けてアプローチした。

研究協力者からは、保険による経済的サポートが期待出来れば、災害時の判断や事前対策に自由度が生まれるかもしれないことから、保険を掛けておくことの重要性に関する指摘もあった。当研究所地震津波リスク評価（東京海上日動）寄付研究部

門の西英俊特任教授（東京海上日動火災保険株式会社より出向）によれば水災をカバーする火災保険の年間保険料は、中小規模病院なら年間数万円であろうとのことだった。保険料は建物構造によって変わり（例：鉄筋コンクリートなら保険料率0.3~2%ほど）、保険料は水害の頻度が増していることから年々上昇しているとのことだった。

また被災後の運転資金への保険として利益保険の勧奨もあった。営業資金、代替施設使用料、従業員給与などがカバーされ、被災後の倒産リスクを低減させる効果が期待されるものの、日本ではあまり普及していないとのことだった。被災によって経営が悪化し病院が地域から消失することは、被災者の生命・健康維持に直接的な悪影響を及ぼしかつ地域の雇用喪失、住民流出にもつながりかねない。

最後に、水害ハザードを主として担当した橋本研究協力者から、今後の気候変動について、定点での気温・海水温上昇は21世紀末にかけて断続的に続き、水害の頻度・規模は確実に増加する、という指摘があったことを加え本研究の考察を終える。

E. 結論

病院の水害被災について学際的に研究した。日本の病院は少なく見積もっても3割程度に浸水の恐れがあり、また過去に被災した病院のほとんどが浸水ハザードエリア内に立地していた。浸水によるリスクの再認識、対策が急務である。これら実践によっても全ての水災を防ぐことはできないが、被災する病院数、被災程度、復旧に要する時間・資金、被災住民への影響を低減し、公的支援力の更なる有効活用を目指すことができる。

洪水・土砂災害において脆弱なのは、日頃ハザードに曝露されていない地域であることを忘れてはならない。

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Abimibayo Adeoya A, **Sasaki H**, Fuda M, Okamoto T, Egawa S. Child Nutrition in Disaster: A Scoping Review. *Tohoku J Exp Med.* 2022 Feb;256(2):103-118. doi: 10.1620/tjem.256.103. PMID: 35173109
- 2) Hirokazu Kamata, Shuji Seto, Anawat Suppasri, **Hirovuki Sasaki**, Shinichi Egawa, Fumihiko Imamura. A study on hypothermia and associated countermeasures in tsunami disasters: A case study of Miyagi Prefecture during the 2011 Great East Japan earthquake. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Volume 81, 15 October 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103253>
- 3) Hung KKC, MacDermot MK, Chan EYY, Mashino S, Balsari S, Ciottone GR, Della Corte F, Dell'Aringa MF, Egawa S, Evio BD, Hart A, Ishii T, Ragazzoni L, **Sasaki H**, Walline JH, Wong CS, Dalal S, Kayano R, Abrahams J, Huda Q, Graham CA. Health Emergency and Disaster Risk Management Workforce Development Strategies: Delphi Consensus Study. *Prehosp Disaster Med.*

2022 Dec;37(6):735-748. doi:

10.1017/S1049023X22001467. Epub 2022 Nov 3.

- 4) Junko Okuyama, Shin-Ichi Izumi, Shunichi Funakoshi, Shuji Seto, **Hirovuki Sasaki**, Kiyoshi Ito, Fumihiko Imamura, Mayumi Willgerodt, Yu Fukuda. Supporting adolescents' mental health during COVID-19 by utilising lessons from the aftermath of the Great East Japan Earthquake. *Humanit Soc Sci Commun.* 2022;9(1):332. doi: 10.1057/s41599-022-01330-1. Epub 2022 Sep 23.
- 5) **Mas, E.**, Egawa, S., **Sasaki, H.**, Koshimura, S. (2022). Modeling search and rescue, medical disaster team response and transportation of patients in Ishinomaki city after tsunami disaster. *E3S Web of Conferences*, 340, 05001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234005001>
- 6) Dong, L., Bai, Y., Xu, Q., **Mas, E.** (2022). Optimizing the Post-disaster Resource Allocation with Q-Learning: Demonstration of 2021 China Flood. *Lecture Notes in Computational Science*, 256–262. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12426-6_21
- 7) Hachiya, D., **Mas, E.**, Koshimura, S. (2022). A Reinforcement Learning Model of Multiple UAVs for Transporting Emergency Relief Supplies. *Applied Sciences*, 12(20), 10427. <https://doi.org/10.3390/app122010427>
- 8) Moya, L., **Mas, E.**, Koshimura, S. (2022). Sparse Representation-Based Inundation Depth Estimation Using SAR Data and Digital Elevation Model. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, PP(99), 1–11. <https://doi.org/10.1109/jstars.2022.3215719>
- 9) Andre Araujo Fortes, **Masakazu Hashimoto**, Keiko Udo, Ken Ichikawa, Shosuke Sato. Dynamic roughness modeling of seasonal vegetation effect: Case study of the Nanakita River. *Water* 2022, 14(22), 3649; <https://doi.org/10.3390/w14223649>
- 10) 市川健, 佐藤翔輔, 天谷香織, **橋本雅和**, 今村文彦. 中小河川の維持管理に関する実態調査. *自然災害科学 J. JSNDS* 41-1 39-53 (2022).
- 11) **Ryuta Enokida**, Kohju Ikago, Jia Guo, Koichi Kajiwara. Nonlinear signal-based control for shake table experiments with sliding masses. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 32(6), 1908-1931, 20230302.
- 12) **Ryuta Enokida**. Enhancement of nonlinear signal-based control to estimate earthquake excitations from absolute acceleration responses of nonlinear structures. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 181(1), 109486, 20220628. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2022.109486>
- 13) Kevin K C Hung, Sonoe Mashino, Emily Y Y Chan, Makiko K MacDermot, Satchit Balsari, Gregory R Ciottone, Francesco Della Corte, Marcelo F Dell'Aringa, Shinichi Egawa, Bettina D

- Evio, Alexander Hart, Hai Hu, Tadashi Ishii, Luca Ragazzoni, **Hirovuki Sasaki**, et al. Health Workforce Development in Health Emergency and Disaster Risk Management: The Need for Evidence-Based Recommendations. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Mar 24;18(7):3382.
- 1 4) **佐々木宏之**, 古川 宗, 阿部 喜子, 藤井 進, 布田 美貴子, 藤田 基生, 丸谷 浩明, 亀井 尚, 江川 新一. 東日本大震災を経験した東北大学病院の事業継続計画(BCP)策定ステップと事業継続管理(BCM). *精神経誌*. 124 (3): 184-191, 2022
 - 1 5) **佐々木宏之**. 地域医療継続の観点から考える宮城県新型コロナウイルス感染症医療調整本部の機能について. *日本 BCP 白書* 2021. 4: 6-11, 2021
 - 1 6) 市川健, 齋藤正徳, 那須野新, 天谷香織, **橋本雅和**, 池内幸司. UAV 写真測量計測精度に着目した 中小河川堤防高把握手法の開発. *河川技術論文集*. 27 165-168 2021.
 - 1 7) **Masakazu Hashimoto**, Kenji Kawaike, Arpan Paul, Shammi Haque, Mashriq Salehin, Hajime Nakagawa. Multi-scale flooding hazards evaluation using a nested flood simulation model: Case study of Jamuna River, Bangladesh. *International Journal of River Basin Management*. 1-13 2021.
 - 1 8) **Mas, E.**, M.D., Egawa, S., M.D., Sasaki, H. & Koshimura, S. Modeling search and rescue, medical disaster team response and transportation of patients in Ishinomaki city after tsunami disaster. *E3S Web of Conferences*, *340*, 05001, 2022.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234005001>
 - 1 9) **丸谷 浩明**, 寅屋敷 哲也, 中小企業向け事業継続力簡易チェック表の作成, 地域安全学会梗概集, 48 号, pp.97-100, 地域案元学会, 2021
 - 2 0) **S. Moriguchi**, H. Matsugi, T. Ochiai, S. Yoshikawa, H. Inagaki, S. Ueno, M. Suzuki, Y. Tobita, T. Chida, K. Takahashi, A. Shibayama, M. Hashimoto, T. Kyoya, N. L. J. Dolojan, Survey report on damage caused by 2019 Typhoon Hagibis in Marumori Town, Miyagi Prefecture, Japan, *Soils and Foundations*. 61(2): 586-599, 2021.
 - 2 1) Nilo Lemuel J. Dolojan, **Shuji Moriguchi**, Masakazu Hashimoto, Kenjiro Terada, Mapping Method of Rain-induced Landslide Hazards by Infiltration and Slope Stability Analysis, *Landslides*. 18 (6): 2039-2057, 2021.
2. 学会発表
- 1) **佐々木宏之**. 未来の防災に資する災害医学と他分野との学際的研究. 第 28 回日本災害医学会総会・学術集会. 20230311, 盛岡, 日本.
 - 2) **佐々木宏之**. BCP の策定と運用 ～薬剤部門における BCP の重要性～. 第 5 回 日本病院薬剤師会 Future Pharmacist Forum, 20220716, web, 日本.
 - 3) 坪井基浩, **佐々木宏之**, 臼田裕一郎, 花島誠人, 田口茂正, 八坂剛一, 清田和也, 崎坂香屋子, 響谷学, 江川新一. 東日本大震災における在宅避難と健康影響に関する潜在的リスク分析-宮城県南三陸町の災害診療記録を用いた後ろ向き観察研究-. 第 28 回日本災害医学会総会・学術集会. 20230309, 盛岡, 日本.
 - 4) 菅野武, 只野恭教, 阿部喜子, 藤田基生, 西岡貴志, 今井浩之, **佐々木宏之**, 江川新一, 島田二郎, 石井正. 災害医療人材教育におけるオンライン型実習の実際と課題. 第 28 回日本災害医学会総会・学術集会. 20230309, 盛岡, 日本.
 - 5) **Mas, E.**, Dong, Z., Adriano, B., Hashimoto, M., Moya, L., Kono, T., Koshimura, S. Sequential decision analytics and its application to flood risk reduction and evacuation advisory optimization. *AIWEST-DR 2022 Inclusive and Integrated Disaster Risk Reduction*. 29-30, Sep, 2022, Sydney, Australia.
 - 6) **Mas, E.**, Koshimura, S. How can we incorporate population dynamics into an urban digital twin for disaster response? *Asia Oceania Geosciences Society AOGS 2022*, 1-5 Aug, 2022. Online.
 - 7) **Masakazu HASHIMOTO**, Erick MAS, Shinichi Egawa, Daisuke SANO, Shunichi KOSHIMURA. Quantitative Evaluation of Evacuated Populations in flood events Using Mobile Phone Base Dynamic Data. 9th International Conference of Flood management, 2023 年 2 月 19 日, つくば国際会議場.
 - 8) **橋本雅和**, **Mas Erick**, 江川新一, 佐野大輔, 越村俊一. 浸水想定区域における人流データを用いた立退避難実態調査. 第 41 回日本自然災害学会学術講演会, 2022 年 9 月 19 日, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス.
 - 9) **Masakazu HASHIMOTO**, Ahmed Ishtiaque, Amin Chowdhury, Shampa, Zhang Hao, Kenji Kawaike, Anisul Haque, Munsur Rahman. Flood and Substance Transport Analysis with Consideration of Ground Water: Case Study of the Lower Meghna River in Bangladesh. 第 39 回国際環境水理学会世界大会, 2022 年 6 月 24 日, Palacio de Congresos de Granada, グラナダ, スペイン.
 - 1 0) **佐々木宏之**. 日本 DMAT (災害派遣医療チーム) のコンセプトと CSCATTT; 第 73 回宮城県学校保健・安全研究大会. 2021 年 11 月 (宮城、紙面開催)
 - 1 1) **橋本雅和**, 市川健, 天谷香織, 佐藤翔輔. UAV 写真測量による中小河川管理コストに

関する研究: 東北地方を事例として, 東北地域
災害科学研究集会, 2021年12月18日.

- 1 2) **橋本雅和**. 令和2年7月豪雨による最上川
流域での水害廃棄物発生量の特徴, 第40回日
本自然災害学会学術講演会, 2021年9月9日.
- 1 3) 市川健, **橋本雅和**, 佐藤翔輔, 今村文彦, 那
須野新, 天谷香織, 檜館晋. Study on optimum
UAV photogrammetry operation using river
information from local residents at small and
medium-sized rivers in Japan, 9th International
Symposium on Environmental Hydraulics, 2021
年7月20日.
- 1 4) 市川健, 齋藤正徳, 那須野新, 天谷香織, **橋
本雅和**, 池内幸司. UAV写真測量計測精度に
着目した 中小河川堤防高把握手法の開発, 河
川技術シンポジウム, 2021年6月1日.
- 1 5) **橋本雅和**, Ahmed Ishtiaque Amin
Chawdhury, 張浩, 川池健司, Shampa, Anisul
Haque and Munsur Rahman. Flood and substance
transport analysis with consideration of ground
water: case study of the lower Meghna River in
Bangladesh, 第8回国際水・洪水管理学会,
2021年3月30日.
- 1 6) **Mas, E.** Post disaster building damage
detection with remote sensing and its use for
future damage estimation. 6th Geomatics
International Conference.2021.07.27. (Indonesia,
Online) (Keynote Speech)
- 1 7) **Mas, E.** Developing tsunami disaster
mitigation technologies for real- and quasi-real-
time response. The International Conference on
Disaster Mitigation and Management 2021.
2021.09.30. (Indonesia, Online) (Invited Talk)
- 1 8) **Mas, E.**, M.D. Egawa, S., M.D. Sasaki, H.,
Koshimura, S. Modeling search and rescue,
medical disaster team response and transportation
of patients in Ishinomaki city after tsunami
disaster. The 13th of Aceh International Workshop
and Expo on Sustainable Tsunami Disaster
Recovery. 2021.11.27. (Indonesia, Online) (Best
Presentation Award)
- 1 9) **丸谷浩明**, 中小企業向け事業継続力簡易チ
ェック表の作成, 地域安全学会研究発表会
(春季), 2021年5月 (WEB)