

過疎地域における洪水危険性を考慮した住環境評価

渡辺公次郎*

Evaluation of Residential Environment Considering Flood Disaster Risk in Japanese Depopulation Cities

Kojiro Watanabe*

The purpose of the study is to develop the evaluation method of residential environment considering flood disaster risk in Japanese depopulation cities. Target area is a Zenzo-river basin in Kaiyo town, Tokushima. As the flood disaster data, I used the fluvial flood depth and the inland flood depth. Disaster risk is calculated by the damage level according to flood depth and the population. Residential environment index is calculated by the distance from living facilities. I classified the target area to 6 clusters by k-means clustering, and then I show the land use policy each cluster area.

Keywords: 地方都市 (depopulation cities), 洪水危険性 (flood disaster), 住環境評価 (residential environment evaluation), k-means 法 (k-means clustering), 土地利用計画 (land use planning)

1. はじめに

近年、令和2年7月豪雨を始め、多くの地域で洪水被害が発生している。地球規模の気候変動もその一因と考えられるが、災害の甚大化は世界各地で被害をもたらしている。多くの日本の都市は、古くから川や海岸の近くに位置しており、今も昔も、如何にして水害からまちを守るかが重要な防災対策である。これまでも河川改修や海岸整備など、様々な形で防災対策が進められてきた。しかし、ここ数年、今までにない規模の豪雨が各地で発生しており、それに伴い、多くの地域で洪水被害が発生している。

今後は、ハード面での防災施設整備に加え、土地利用など時間をかけた都市構造の改変による防災も合わせて進める必要がある。そのためには、災害危険性と居住環境性の両面から都市を評価し、土地利用の方向性を議論すべきである。

一方、地方都市は大都市に比べ、インフラ整備が遅れている。さらに、人口減少、少子高齢化により、

災害により被害を受ける対象が脆弱化する傾向にある。土地利用を見ると、中心部の空洞化に加え、郊外部の分散的な市街化も同時に起こっており、コンパクトシティの推進が叫ばれる中、適切な土地利用コントロールが求められている。

以上、本研究では、土地利用上、人口構成上、災害に脆弱となりつつある地方都市において、洪水危険性を考慮した住環境評価を行い、土地利用計画への知見を得ることを目的とする。

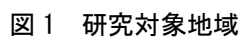
2. 研究対象地域

本研究の対象地域は、図1に示す、徳島県海部郡海陽町大里地区を流れる善蔵川（ぜんぞうがわ）の流域である。善蔵川は、海部川（2級河川）の支流である。

海陽町は、徳島県沿岸部の最南端に位置し、高知県との県境にある。2006年に海南町、海部町、穴喰町が合併して誕生した。大里地区は、旧海南町の中

* 正会員 徳島大学大学院社会産業理工学研究部 (Tokushima University)
〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1 E-mail : kojiro@tokushima-u.ac.jp

国勢調査によると、2005 年の海陽町の人口は 8131 名、2015 年は 6546 名であり、約 19%減少している。図 2 より、その内訳を見ると、若年人口が 3.9%減、生産年齢人口が 4.6%減に対し、高齢人口が 8.2%増と、多くの地方都市同様に、人口減少と少子高齢化が進んでいる。洪水時に避難の支障がある高齢者対策も必要である。



3.1 海陽町の洪水危険性

図3、図4、図5に外水氾濫（計画）、同（最大）、内水氾濫の浸水予測図を示す。外水氾濫は海部川からの氾濫を想定したもので、計画レベルの降雨は50年降雨による予測値（国土数値情報）、最大レベルの

図5を見ると、内水氾濫による浸水は、地域全体で予測されている。特に、善蔵川と海部川に挟まれた地域、国道55号西側の水田がある地域で0.5m、0.5-1.0m程度の浸水が予測されている。これ以外にも地域内の水田で同程度の浸水が予測されている。内水氾濫による浸水予測は、台風12号(2014年)の実績降雨を用いている。これ以上の降雨が発生した場合、水田だけでは雨水貯留が間に合わない可能性もあり、市街地全体に被害が及ぶ可能性もある。

3.1 節で整理した 3 つの浸水深を 50m メッシュ内で集計し、平均値を算出した。次に、桑村(桑村 2017)が示している浸水深に応じた家屋の被害度を基に、各メッシュの被害度を設定した。この資料によると、全壊を 1.0 とすると、床上浸水 50cm 未満の場合の被害度は 0.144、50 から 99cm 未満の場合は 0.205。

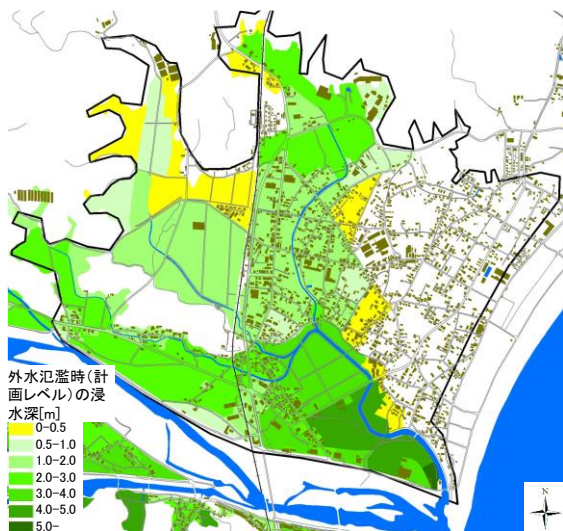


図3 外水氾濫時（計画レベル）の浸水深

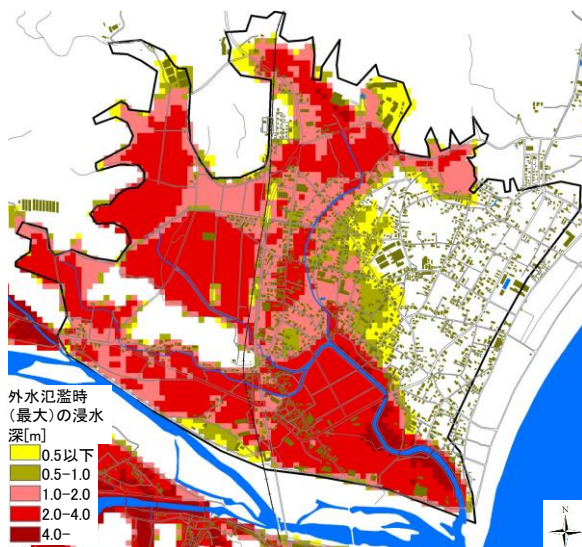


図4 外水氾濫時（最大レベル）の浸水深

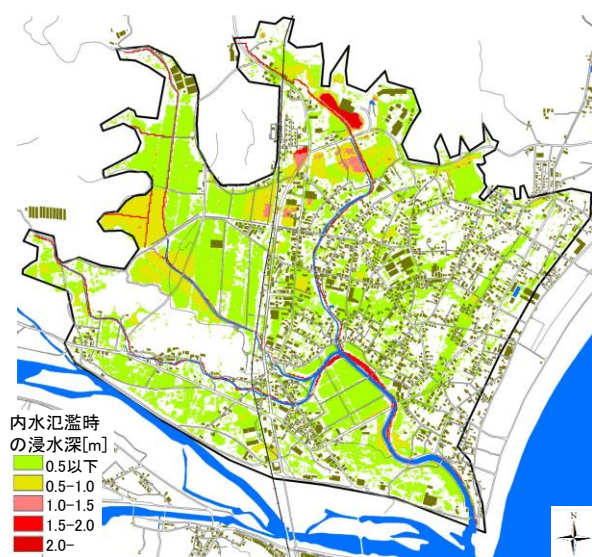


図5 内水氾濫時の浸水深

100cm 以上の場合は 0.452 である。地盤勾配が 1/500 以上のケースである。浸水深 1.8m 以上（内閣府防災担当 2020）のメッシュでは、家屋が全壊すると想定した。

次に、洪水被害を暴露する対象として家屋と住民を想定し、50m メッシュ単位で、洪水被害の暴露人口を推計した。まず、ゼンリン電子住宅地図（海陽町版）でデータ化されている建物を取り出し、住宅以外を削除し、その建築面積を 50m メッシュ別に集計する。次に、4 次メッシュ別の国勢調査人口を、50m メッシュに重ね合わせ、住宅面積に応じて、4 次メッシュ人口を 50m メッシュに配分した。このとき用いた人口データは、2005 年と 2015 年である。

最後に、外水氾濫（計画レベル）、外水氾濫（最大レベル）、内水氾濫ごとに、被害度と、各年の人口を掛け合わせ、洪水リスク評価値とした。以降、計画レベルの降雨を用いた外水氾濫による洪水リスクを外水リスク（計画）、最大レベルの降雨を用いた外水氾濫による洪水リスクを外水リスク（最大）、内水氾濫による洪水リスクを内水リスクと表記する。

表 1 に対象地域の人口と各リスクの合計を示す。図 6 に 2005 年と 2015 年の外水リスク（計画）の差、図 7 に同期間の外水リスク（最大）の差、図 8 に同期間の内水リスクの差を示す。

ここで用いた洪水リスク評価値は、人口に被害率を掛け合わせているため、被害を受ける人口と考えることができる。そのため、表 1 では、総人口と比較している。表 1 を見ると、外水リスク（計画）は 27%程度が、外水リスク（最大）は 30%程度が、内水リスクは 12%程度が被害を受ける。人口減少が進むと、リスクも減るが、それでも外水リスクにより 30%程度、被害を受ける可能性がある。

図 6 によると、外水リスク（計画）は、国道 55 号、国道 193 号の沿道でリスク増、国道 55 号沿いとその東側でリスク減となっている。災害リスク評価値には、建物だけでなく、人口も加味しているため、人口減少がリスク減に大きく影響している。図 7 によると、外水リスク（最大）は、図 6 と大きな違いはない。図 8 によると、内水リスクは、国道 55 号の東側でリスク減のメッシュが多く、その間にリスク

表 1 対象地域の人口と洪水リスク

	人口	外水（計画）リスク	外水（最大）リスク	内水リスク
2005年	3,070.1	834.1	931.8	365.1
2015年	2,633.6	696.9	776.2	310.9
2015年と2005年の差	-436.4	-137.2	-155.6	-54.3

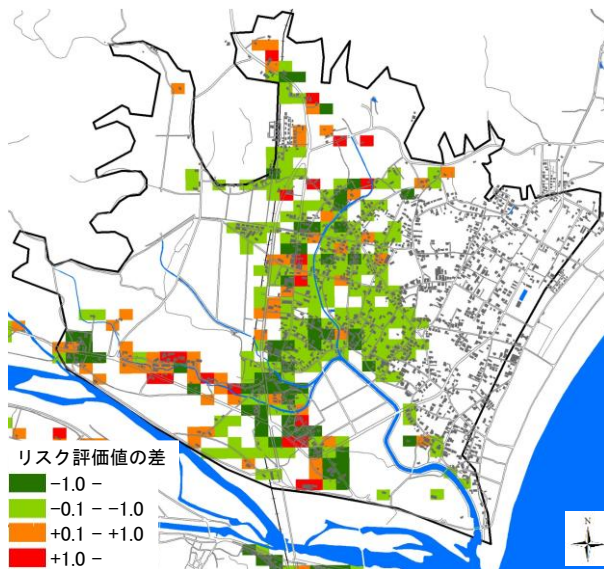


図 6 外水リスク（計画）の差

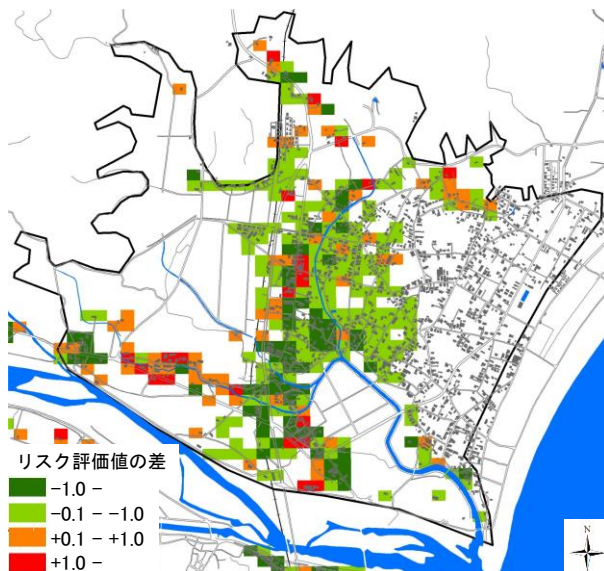


図 7 外水リスク（最大）の差

増のメッシュが分布している。

4. 住環境の評価

4.1 住環境の評価方法

ここでは、生活する上で利用する頻度が高いと考

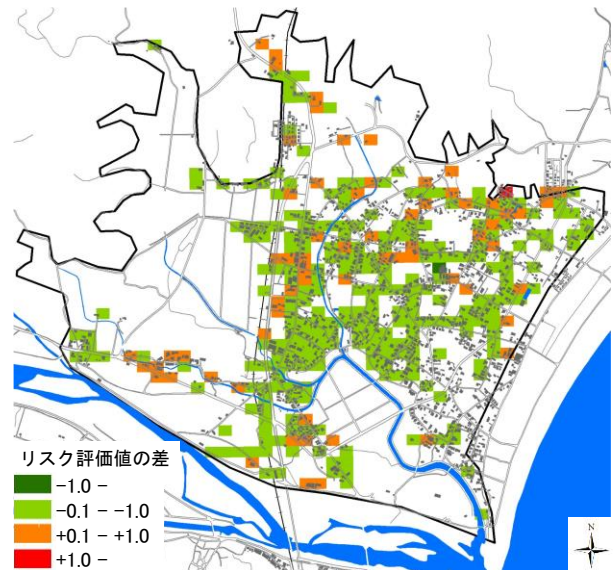


図 8 内水リスクの差

えられる施設（生活関連施設）が利用しやすいほど住環境がよいと考え、それらの施設への距離を用いて住環境評価値を算出した（Watanabe and Muto 2019）。

まず、生活関連施設として、介護施設、医療施設、小学校、コミュニティ施設、スーパーマーケット、バス停とし、それぞれの直線距離を 50m メッシュ別に算出した。次に、青山ら（青山・近藤 1986）、丁ら（丁ら 2009）が提案している満足距離を計算した。

$$P_i(z) = \exp(-z^2/\alpha) \quad (1)$$

ここで、 $P_i(z)$ は、施設からの距離 z のメッシュ i に居住する住民がその施設の配置に満足する比率、 α はパラメータである。

次に、メッシュ i の各施設の満足距離を掛け合わせることで、住環境評価値 $Eval_i$ とした。

$$Eval_i = \prod P_i(z) \quad (2)$$

4.2 住環境の評価結果の考察

計算結果を図 9 に示す。図 9 によると、阿波海南駅および役場を中心に、住環境評価値が高くなっている。大里海岸近くの海南中学校付近も住環境評価値が高い。今回は施設の距離のみを利用しているため、施設が集まっている地域であるほど評価値が高くなる。国道 55 号付近は商業、業務施設が、海部高校、海南中学校付近は、住宅が多い。

今回の対象地域は、海陽町の中心部であるが、都市部に比べると生活関連施設も少なく、公共交通の利便性も悪い。生活関連施設の分布に差があるため、住環境評価値が、市街地の中心部からずれている。利便性が高く、コンパクトな市街地を目指すためには、生活関連施設の集約化も必要となる。

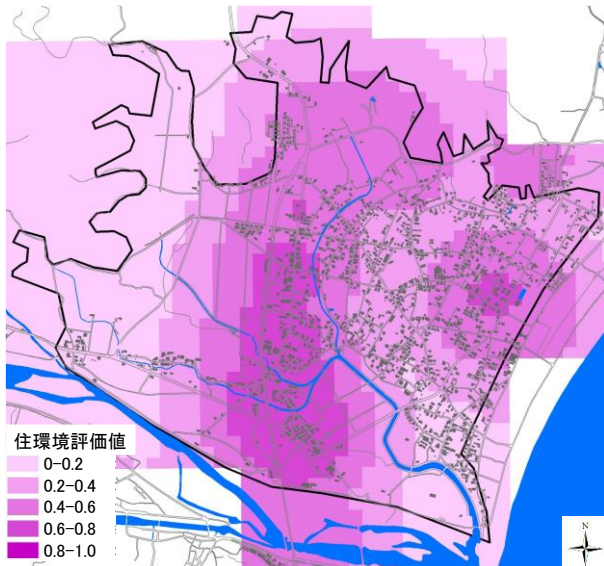


図9 住環境評価値

5. 洪水リスクを考慮した住環境評価

5.1 洪水リスクを考慮した住環境評価方法

以上、計算した洪水リスクと住環境評価値を用いて、洪水リスクを考慮した住環境評価を行う。

まず、3章で計算した、外水リスク（計画）、外水リスク（最大）、内水リスクを合計し、洪水リスク評価値とした。2005年の洪水リスク評価値を図10、2015年の洪水リスク評価値を図11に示す。

次に、2015年の洪水リスク評価値と、4章で計算した住環境評価値、標高、住宅面積、水田面積、畑地面積、荒れ地面積、森林面積を用いて、k-means法によるクラスター分析により、分類を行った。図3、図4、図5を見ると、地方都市では類似する地域が多いが、この地域でも洪水浸水が予測されている地域に市街地が存在する。そのため、住環境評価値が高く、洪水リスクが高い地域も存在する。逆に、住環境評価値が低く、洪水リスク評価値が高い地域も存在する。このように、洪水リスクと住環境評価値の出現パターンを把握するために、分類作業を行っ

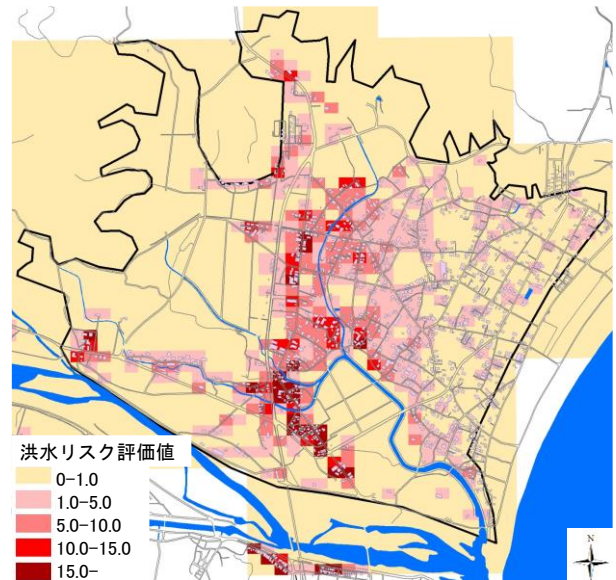


図10 2005年の洪水リスク評価値

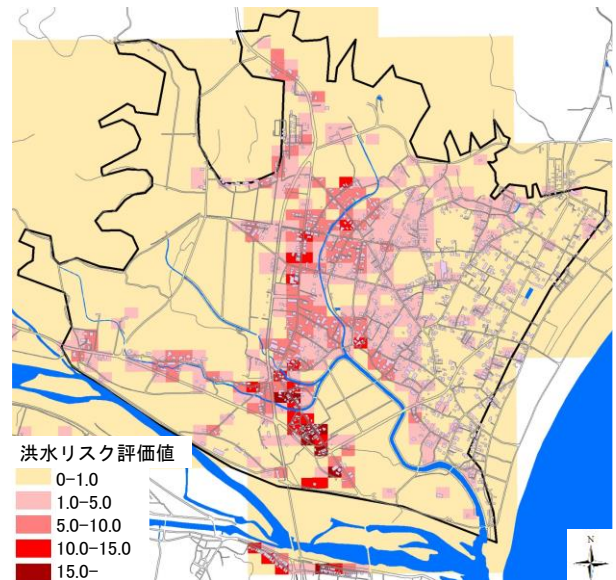


図11 2015年の洪水リスク評価値

た。分類数は、結果を見ながら6区分とした。図12にその結果を示す。

5.2 評価結果と土地利用の方向性

図12を基に、評価結果とそれに基づいた土地利用の方向性を示す。

まず、クラスター6は、対象地域の境界部と国道193号の北側に残る森林が中心のメッシュが分類されている。森林資源の保全のためにも、現状維持が望まれる。

クラスター1は、水田が中心で、図3から図5に

よると、洪水浸水深も大きなメッシュが分類されている。クラスター5は、クラスター1の周辺で分類されている。クラスター1と同様に、水田が中心のメッシュであるが、洪水浸水深は、クラスター1よりは小さい。水田は、洪水時に「田んぼダム」として雨水を一時的に貯留することで、ピーク流出量を緩和できる機能（橋本禪 2017）が知られている。しかし、耕作放棄が進むと、その機能も低減する。水田は米の生産だけでなく、防災的な役割も期待できるため、都市的土地利用を抑制しつつ、農地としての適切な維持管理が必要である。

クラスター2は、市街地が中心で、洪水浸水深も大きなメッシュが分類されている。一部で水田、畑が混在するメッシュもあるが、大半は市街地である。図9、図11と比較すると、住環境評価値が高く、洪水リスク評価値も高い。今後も住宅や商業・業務施設の立地が予想されるが、大規模洪水時に、被害が大きくなることも考えられる。建築面での防災対策に加え、避難環境の充実も必要である。対象地域の南北を走る国道55号は、基幹道路であり、平時だけでなく災害時にも重要な役割を担う。ハード面での水害対策や代替路の検討も必要である。クラスター3は、クラスター2に隣接するメッシュで分類されている。クラスター2よりは洪水浸水深が小さいため、クラスター2に準ずる対応が求められる。

クラスター4は、国道55号、大里海岸、善蔵川に囲まれた地域で主に分類されている。この地域は、外水氾濫がなく、部分的に内水氾濫が想定されている。住環境評価値も、国道沿いよりは低いが、畑地が混在する住宅地となっている。大里海岸の砂が堆積した微高地となっており、津波の危険性も低い。相対的に洪水被害が低い地域である。

洪水被害を小さくするためには、クラスター4の地域に市街地を集約させることが考えられる。しかし、現在までに整備されてきた交通施設、生活関連施設へのアクセス性を考えると、この地域だけで完結するのは難しい。クラスター2の防災性能を向上させつつ、高齢化も進んでいることから地域内の移動の円滑化を図ることも必要である。

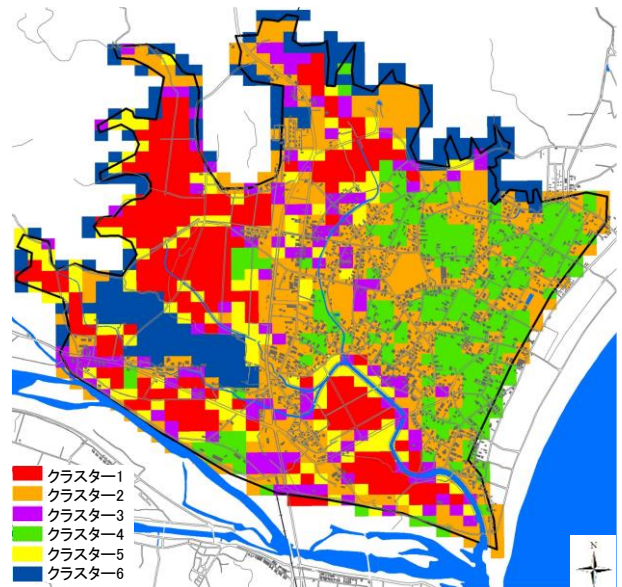


図12 分類結果

6. まとめ

以上、本研究では、洪水リスクが大きい地方都市の一流域を対象に、洪水危険性を考慮した住環境評価を行った。クラスター分析により、洪水リスクと住環境評価値、地形、土地利用の側面から、地域を分類することで住環境の評価を行い、土地利用の方向性を示した。

今回の対象地域は、河川、海岸、森林に囲まれた地域である。大規模な水田、畑地が混在する市街地、海岸林、幹線道路とその沿道市街地から構成されており、地方都市の過疎地とはいえ、まとまりを持った土地利用である。今後、人口減少が進む中、増加する大規模災害に対応するためには、洪水対策に関するインフラ整備だけでなく、農地を維持管理することで、防災のグリーンインフラとして活用することが望ましい。

しかし、この地域は都市計画区域外であり、都市計画的な規制誘導ができない。そのため、農業振興地域、自然環境保全地域など、土地利用基本計画における地域指定とその運用に加え、総合計画や地域防災計画など自治体レベルの諸計画において、グリーンインフラを活用した土地利用の方針を反映させる必要がある。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 20K04868, 環境研究総合推進費 4-1805 の成果の一部である.

参考文献

青山 吉隆,近藤 光男 (1986) 都市公共施設の最適誘致距離の設定方法,都市計画学術研究発表会論文集,No.21,295-300.

横川 涼・武藤 裕則・三好 学・田村 隆雄 (2019) 氾濫条件の違いによる低平農地の湛水機能について,土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, 25,II-19.

桑村 仁 (2017) 『建築水理学』,技報堂出版,41-44.

丁 育華,近藤 光男,渡辺 公次郎 (2009) 地方都市における消費者の買物意識と行動の分析,日本建築学会計画系論文集,Vol.74,No.636,417-422.

内閣府防災担当 (2020) 災害に係る住家の被害認定基準運用指針,2-9.

http://www.bousai.go.jp/taisaku/pdf/r203shishin_all.pdf

橋本 禅 (2017) 「農地・農業用施設はグリーンインフラの形成にどう貢献できるか?」『決定版! グリーンインフラ』,日経 BP 社,275-282.

Kojiro WATANABE and Yasunori Muto(2019) An Evaluation of the Living Environment with Flood Disaster Risk in the Lowland of Japanese Depopulation Area, *The 4th IAG'i Symposium*, Tokushima.