

徳島都市圏における気候変動を考慮した災害リスク評価とその対策に関する研究

渡辺 公次郎¹・山中 英生²・奥嶋 政嗣³

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

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

³ 正会員 徳島大学大学院社会産業理工学研究部教授 (〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1)
E-mail: okushima.masashi@tokushima-u.ac.jp

地球規模での気候変動は、世界各地でかつてない規模、頻度の災害発生を引き起こす要因ともなっている。一方、我が国では人口減少社会に入っており、小集落の消滅も進んでいる。本研究では、複数の災害が想定される徳島都市圏を対象に、気候変動に伴う災害の激甚化を踏まえた災害リスクとその対策を評価することで、今後の地域づくり戦略の方向性を示す。災害リスクは、災害、曝露、脆弱性の組み合わせにより評価する。災害は、津波、洪水、土砂災害とし、その被災エリアは自治体が発表している予測値を用いる。曝露対象は世帯とし、その脆弱性は世帯年齢、建築構造、再建年数で表す。評価の空間単位は 500m メッシュとする。災害への対策として、インフラ防御策を想定し、その効果を災害リスク評価値で示す。この結果を基に、土地利用の面から今後の地域づくり戦略の方向性を示す。

Key Words: Disaster Risk Evaluation, Tsunami disaster, Flood disaster, Landslide disaster, Resettlement

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

地球規模での気候変動は、世界各地でこれまでにない規模、頻度の災害を引き起こしている。一方、我が国は人口減少社会に入っており、災害に限らず、過疎化の進行によりまちが消滅する可能性も高まっている。災害による被害を最小化し、迅速な復興を実現し、将来も暮らし続けることができるまちを実現するには、地域が持つ災害危険性を把握し、それを踏まえた都市・地域づくり戦略を立案し、実施する必要がある。

場所ごとに異なる災害リスクと、様々な対策によるリスク低減の効果は、計画策定にとって重要な情報となる。こういった分析には、様々な統計データ、空間データが必要となる。最近では、都市計画分野でもオープンデータ化が進んでおり、計画策定で必要となる様々なデータが無料で利用できる環境が整いつつある。さらに、Q-GIS や R といったフリーウェアの GIS、統計分析ソフトも利用しやすくなっており、空間データを利用した計画策定の実現可能性が高まっている。

以上の背景から本研究では、複数の災害が想定される

徳島都市圏を対象に、オープンデータを用いた簡便な手法により、災害リスクとその対策の効果を評価する。具体的には、渡辺ら¹⁾が開発した災害リスク評価手法を基に、気候変動を考慮した災害リスクと、その対策による災害リスク低減効果を評価し、今後の土地利用の方針を示す。

具体的には、3つの視点で開発を行う。第1に、甚大な被害をもたらす可能性が高い災害として津波、洪水、土砂災害を想定し、これらによる災害リスクを評価する。第2に、災害リスクを統合化する指標として、被災後の生活再建期間を用いる。第3に、自治体の計画策定担当者の利用を想定し、オープンデータや公的に公開されているデータを用いて評価が可能な手法とする。

(2) 徳島都市圏

研究対象地域は、徳島市およびその周辺市町からなる徳島都市圏(図1)である。この地域は、面積 753.42km²、人口 550,456 人(2015 年)であり、区域区分による土地利用規制が実施されている(図2)。対象地域の人口変化(図3)を見ると、吉野川北部の北島町、藍住町は近年の郊外化とともに人口が増加しており、徳島市や鳴門

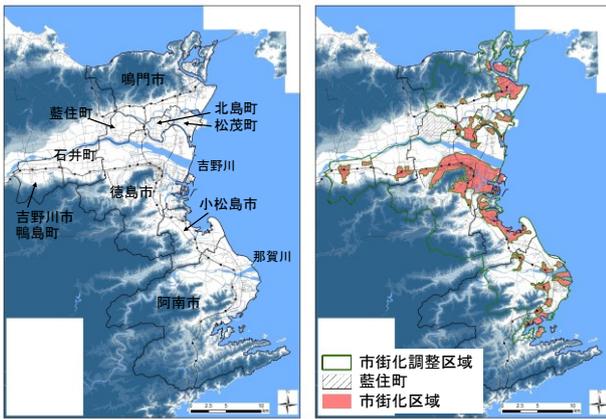


図-1 徳島都市圏

図-2 区域区分

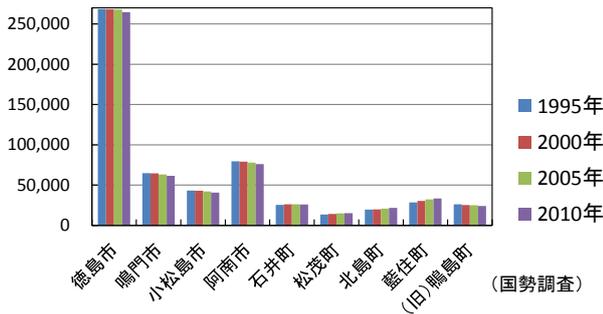


図-3 徳島都市圏の人口変化

市などのベッドタウン化が進んでいる。それ以外の市町は中心市街地を始め人口減少が続いている。この地域は、藍住町以外が徳島東部都市計画区域に指定されており、市町の中心部に市街化区域が指定されている。藍住町は、全域が藍住都市計画区域に指定されており、未線引きとなっている。

徳島都市圏は、南海トラフ巨大地震発生時に震度7もしくは6強が想定されており²⁾、沿岸域では津波が予測されている。吉野川河口部の沖積地帯に広がっていることもあり、平野部が多く、中小規模の河川が多く存在し、液状化、地盤沈下の危険性も予測されている。さらに、古来より洪水被害が多い地域であり、台風が来襲するたびに浸水する地域が発生している。徳島都市圏内を流れる一級および二級河川では、想定最大規模降雨による洪水浸水想定区域³⁾が公開されている。これによると市街地の大半が浸水域に含まれている。

以上、徳島都市圏は、徳島県全体の約7割の人口が集中する地域であるにもかかわらず、このように様々な災害が予測されている地域である。

2. 災害リスクの評価手法

(1) 災害リスク評価値の考え方

本研究では、国連国際防災戦略 (UNISDR) の定義⁴⁾に従い、災害リスクを、災害 (ハザード)、暴露、脆弱

性の組み合わせで表す。具体的には、災害を津波、洪水、土砂災害、その災害が暴露する対象を世帯とし、その脆弱性を世帯年齢で表す。これらの3要素より、災害リスクを被災後の生活再建期間と考える。ここでは、災害規模による住宅の損傷度を想定し、その違いに応じた生活再建年数を設定する。なお、大規模災害により被害を受けた住民は、他地域に移動せず、現地で再建するものとする。

(2) 総合リスク評価値の算出

渡辺ら⁵⁾の手法に従い、4次メッシュ別に、高齢、生産年齢世代に分けて、津波、洪水、土砂災害による再建年数を統合した、総合リスク評価値 Int_risk を算出した。

$$risk_eld_k = pop_eld * r_wood * \sum (pr_k * r_dis_k * ryear_k_eld) \quad (1)$$

$$risk_wa_k = pop_wa * r_wood * \sum (pr_k * r_dis_k * ryear_k_wa) \quad (2)$$

$$Int_risk = \sum (risk_eld_k + risk_wa_k) \quad (3)$$

ここで、

$risk_eld_k$ 高齢者世代の災害 k に対するリスク

$risk_wa_k$ 生産年齢世代の災害 k に対するリスク

pop_eld 2050年の高齢者人口

pop_wa 2050年の生産年齢人口

r_wood 木造率

pr_k 災害 k の2050年の発生確率

r_dis_k 災害 k の被災率

$ryear_k_eld$ 高齢者世代の災害 k からの再建年数

$ryear_k_wa$ 生産年齢世代の災害 k からの再建年数

(3) データの整理

津波浸水深データは、徳島県が作成した、2003年公開のレベル1 (L1) (現在は非公開) と2012年公開のレベル2 (L2)⁶⁾を用いる。これらは、徳島県から提供を受けた。

洪水データは、洪水浸水深データと、家屋倒壊等氾濫想定区域データを用いる。洪水浸水深データは、計画規模降雨 (50~150年) の浸水想定として国土数値情報で整備されているデータを用いた。想定最大規模降雨 (1000年) の浸水想定として、一級河川 (吉野川⁹⁾、那賀川⁷⁾) は国土交通省四国地方整備局が、二級河川は徳島県が作成したデータを用いた。吉野川、那賀川では、家屋倒壊等氾濫想定区域のデータも合わせて利用した。これらは、各団体よりGISデータの形式で提供を受けた。

土砂災害データは、国土数値情報で整備されているデータのうち、土砂災害警戒区域 (イエローゾーン) と土砂災害特別警戒区域 (レッドゾーン) を用いた。

(4) 各パラメータの設定設定

式(1)、式(2)で用いる、災害発生確率、被災率、生活再建期間、将来人口、木造率は、渡辺ら⁹⁾の手法に従い、設定した。

まず、災害の発生確率(表 1)は、風間ら⁸⁾が行った、再現期間 100 年の極値降雨量推計を参考にしている。

表-1 災害の発生確率

		2050年まで	2100年まで
南海トラフ	津波L1レベル	0.7	1.0
巨大地震	津波L2レベル	0.07	0.1
洪水災害	想定浸水レベル	0.7	1.0
土砂災害		0.7	1.0

ハザードマップにより各災害が想定されるエリアのうち、災害発生時に実際に被災する面積の割合である、被災率は、津波は 1.0、洪水は 0.1、土砂災害は 0.1 と想定した。

生活再建期間は、山中ら⁹⁾が行った意識調査を基に、住宅損傷度と世帯主年齢(高齢者、非高齢者)ごとの年数を設定した(表 2)。

表-2 生活再建年数

災害		住宅の損傷度	生活再建年数	
津波	2m以上	全壊	高齢世帯	12
			非高齢世帯	10
	2m未満	半壊	高齢世帯	9
			非高齢世帯	7
洪水	家屋倒壊等氾濫想定区域	全壊	高齢世帯	12
			非高齢世帯	10
	その他の浸水域	半壊	高齢世帯	9
			非高齢世帯	7
土砂災害	レッドゾーン	全壊	高齢世帯	12
			非高齢世帯	10
	イエローゾーン	半壊	高齢世帯	9
			非高齢世帯	7

2050 年の人口は、国土数値情報で公開されている値を用いた。木造率は、基盤地図情報をダウンロードし、そこに含まれる建物データの中から、木造住宅と考えられる、建築面積が 30~150m² の建物データを取り出し、4 次メッシュ別に割合を集計して求めた。

3. 災害リスクの評価で用いる想定

(1) 気候変動の想定

ここでは、気候変動前と後の状況を想定し、災害リスク評価を行う。気候変動前の状況は、次の通りである。

津波の場合、表 1 にあるように、2050 年までは発生確率が L1 津波 0.7、L2 津波 0.07 とし、2100 年までは両方の津波の発生確率が 1.0 となる。被災率は 1.0 とする。洪水の場合も表 1 に従い、計画規模降雨による洪水発生

確率が、2050 年までで 1.0、想定最大規模降雨では、2050 年までで 0.7、2100 年までで 1.0 とする。被災率は 0.1 とする。土砂災害の場合も表 1 に従い、イエローゾーンとレッドで、2050 年までに発生する確率が 0.7、2100 年では 1.0 とする。被災率は 0.1 とする。

気候変動後の状況は、次の通りである。

津波の場合、渡辺ら⁹⁾の想定に従い、予測浸水深に 0.25m 足し合わせた値を用いている。この値は、IPCC 第 5 次評価報告書¹⁰⁾により示されている、今世紀末までに上昇する平均海面水位を参考に設定している。レベル 1 津波の発生確率は、気候変動前と同じである。レベル 2 津波の発生確率は 2100 年までで 0.1 とした。被災率は 1.0 とする。洪水の場合、表 1 に従い、計画規模、想定最大規模の降雨ともに 2050 年までで 1.0 とした。被災率は 0.1 とする。土砂災害の場合も表 1 に従い、イエローゾーンとレッドで、2050 年までに発生する確率が 1.0 とする。被災率は 0.1 とする。

(2) インフラによる防御

前節で想定したハザードを、インフラにより防御する場合を想定する。気候変動前の状況は、次の通りである。

津波の場合、L1 津波はインフラ整備により完全に防御できると考え、被災率を 0.0 (被災なし) とする。L2 津波は、インフラで防御できないと考え、1.0 とする。洪水の場合、計画規模降雨による洪水被害は、インフラ整備により 1/10 に低減、すなわち被災率が 0.1 から 0.01 となる。想定最大規模降雨の場合は、インフラ整備により 8/10 に低減、すなわち被災率が 0.1 から 0.08 となる。土砂災害の場合も、インフラ整備により被災率が 0.08 となる。

気候変動後も、気候変動前と同様の設定とした。すなわち、津波の場合、L1 津波の被災率は 0.0、L2 津波の被災率は 1.0 とする。洪水の場合、計画規模降雨による被災率は 0.01、想定最大規模降雨では被災率が 0.08 となる。土砂災害の場合も、インフラ整備により被災率が 0.08 となる。

以上の設定を表 3 に示す。

4. 災害リスクの評価結果

(1) インフラ整備を行わない場合

表 4 に、気候変動前、後に分けて評価を行った災害リスク評価値を示す。さらに、インフラ整備を行わない場合、全地域で 2100 年までにインフラ整備が完了した場合、2100 年までに市街化区域でインフラ整備が完了した場合の災害リスク評価値を計算した。2(2)で示したように、この評価値には再建年数を用いていることから、値が大きいほど再建に時間がかかることになる。

表-3 災害リスク評価で用いる各値の設定

ハザード	エリア (ハザード強度)	気候変動前				気候変動後				
		2050年までの発生確率	2100年までの発生確率	被災率	インフラ防御策 (現計画のインフラ整備が完了する場合)	想定するハザード	2050年までの発生確率	2100年までの発生確率	被災率	インフラ防御策 (現計画のインフラ整備が完了する場合)
津波	L1津波	0.7	1.0	1.0	インフラ整備により浸水域が消滅	津波浸水深+25cm (海面上昇)	0.7	1.0	1.0	インフラ整備により浸水域が消滅
	L2津波	0.07	1.0	1.0	インフラ整備を行っても浸水深は予測値のまま(防御できず)		0.1	0.1	1.0	インフラ整備を行っても浸水深は予測値のまま(防御できず)
洪水	計画規模降雨	1.0	1.0	0.1	インフラ整備により被災率が減少し0.01になる	超過降雨強度 2050年に1.2倍	1.0	1.0	0.1	インフラ整備により被災率が減少し0.01になる
	想定最大規模降雨	0.7	1.0	0.1	インフラ整備により被災率が減少し0.08になる		1.0	1.0	0.1	インフラ整備により被災率が減少し0.08になる
土砂	イエロー+レッドゾーン	0.7	1.0	0.1	インフラ整備により被災率が減少し0.08になる	2100年に1.4倍	1.0	1.0	0.1	インフラ整備により被災率が減少し0.08になる

表4 災害リスク評価結果

ハザード		インフラ整備なし				全地域でインフラ整備	市街化区域でインフラ整備
		気候変動前		気候変動後		気候変動後	気候変動後
		2050年まで	2100年まで	2050年まで	2100年まで	2100年まで	2100年まで
津波	L1津波	392,900	561,286	397,915	568,449	0	123,212
	L2津波	86,811	1,240,157	130,671	1,306,709	1,306,709	1,306,709
洪水	計画降雨	140,361	140,361	140,361	140,361	14,036	62,477
	最大降雨	96,136	137,337	140,361	137,337	109,869	119,263
土砂	イエローゾーンとレッドゾーン	31,895	45,565	45,565	45,565	36,452	38,666

まずはインフラ整備を行わない場合から見ていく。

気候変動前の想定による、2050年までの災害リスク評価値を見ると、L1津波が最も大きい。発生確率が高いことに加え、人口、建築物が集積している沿岸域で被害が想定されることが原因と考えられる。次いで計画規模降雨による洪水のリスクが大きい。津波に比べると浸水域が広く、発生確率も高いことが原因と考えられる。

気候変動前の想定による、2100年までの災害リスク評価値を見ると、L2津波が極端に大きくなる。L2津波発生確率を1.0と設定したことに加え、市街地が集積している沿岸域で浸水が想定されていることが原因と考えられる。

次に、気候変動が進行した状況の災害リスク評価値と比較すると、2050年までは、L2津波の場合が51%増、想定最大規模降雨の場合が46%増、土砂災害の場合が43%増となった。いずれも発生確率が上がることが大きな原因である。2100年までを見ると、津波の場合は海面上昇によるリスク評価値の増加が見られる。洪水、土砂災害は変化しない。

(2) インフラ整備を行った場合

次に、気候変動が進行し、2100年までにインフラ整備が完了する場合の災害リスク評価値を見ていく。

全地域でインフラ整備を行った場合、L1津波はインフラ整備により完全に防御でき、L2津波は全く防御できないと想定したため、それぞれ0、1,306,709(インフラ整備なしと同値)となった。計画降雨による洪水の場

合、インフラ整備なしと比較してリスクが90%減、最大降雨の場合は、22%減となった。洪水については、インフラ整備の効果が非常に大きいことが分かる。土砂災害についても、20%減となった。

同様の状況設定で、人口、建築物が集中する市街化区域のみでインフラ整備を行った場合のリスク評価値を試算した。津波の場合、L1津波はインフラ整備なしと比べて78%減となった。市街化区域とL1津波浸水域は、大幅に重複しているため、効果は高いと考えられる。計画降雨による洪水の場合も同様に、市街化区域との重複が大きいことから、55%減となった。土砂災害の場合は、山裾付近でイエローゾーンとレッドゾーンが指定されていることから、市街化区域のみでインフラ整備を行っても、15%減程度の効果しか得られなかった。

(3) リスク評価値の空間分布

次に、図4と図5にリスク評価値の空間分布を示す。図4は、L1津波、計画規模降雨、土砂災害によるリスク評価値を合成した値であり、インフラの有無で区分している。同様に図5は、L2津波、最大規模降雨、土砂災害によるリスク評価値を合成した値となっている。

図4の各ケースを比較すると、全域でインフラ整備を行えば、徳島市中心部で若干のリスクが残るものの、全体としては大幅なリスク減となることが分かる。

図5は、最大のハザードを想定しているため、図4で設定したハザードに比べると、インフラ整備の効果が少ない。リスク評価値が高くなった各市の中心部は、木造

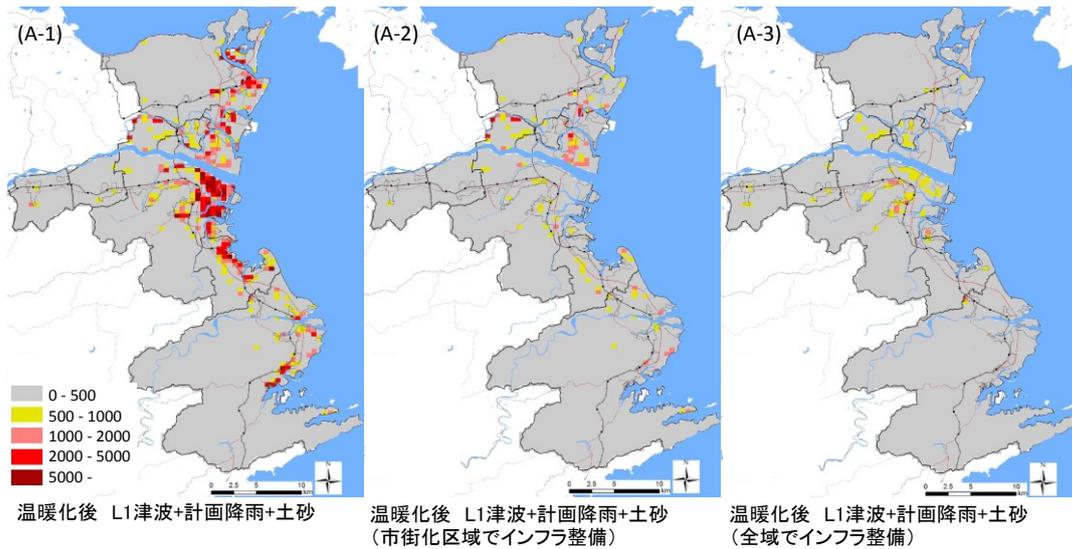


図4 災害リスク評価結果の空間分布 1

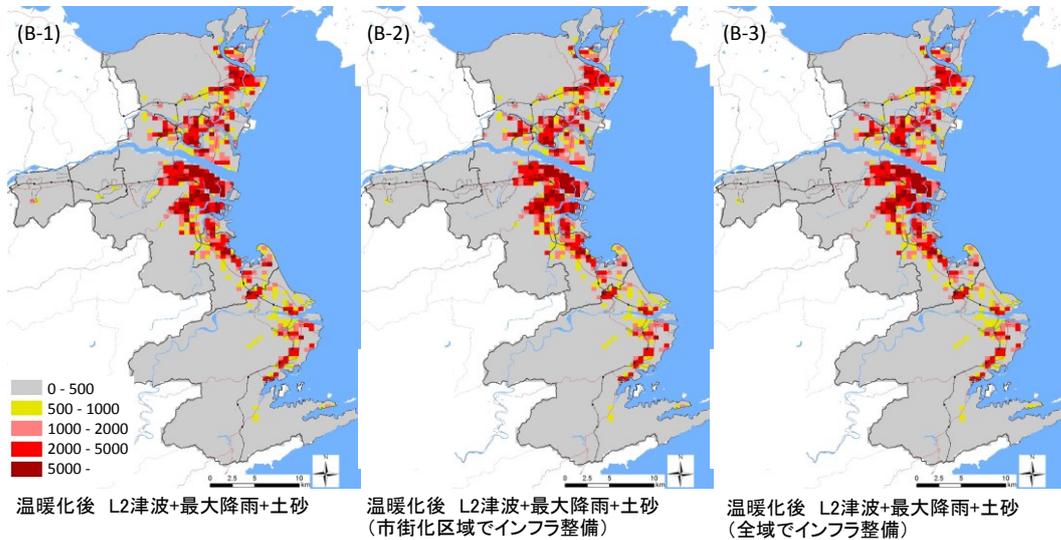


図5 災害リスク評価結果の空間分布 2

建築や、高齢者も多いことから、こうした地域のレジリエンスを高めるためには、インフラ整備はもとより、リスク分散近居の促進など、ソフト面の対策と合わせて考えることが必要である。

5. まとめ

以上、本研究では、複数の災害が想定される徳島都市圏を対象に、渡辺ら⁹⁾の手法を基に災害リスクを評価し、インフラ整備の効果を示した。その結果、L1津波、計画規模降雨による災害に対しては、インフラ整備の効果が高いこと、そして、L2津波、最大規模降雨による災害に対しては、効果が低いことが分かった。

今後の課題として、パラメータ設定方法を検討する必要がある。被災率は、その設定により結果が大きく変わってくるため、過去の被災事例などを基にした、客観的な設定方法が必要である。さらに、将来の災害発生確率も、他分野の知見を基に、分かりやすく、かつ一定程度

の正確性を持った設定方法が必要である。

本研究の対象地域では、徳島市¹¹⁾と阿南市¹²⁾で立地適正化計画が策定されている。市街化区域を基に、都市機能誘導区域、居住誘導区域を定めているが(阿南市の一部を除く)、本研究で試算したように、大規模災害が発生した場合、これらの地域では甚大な被害が想定される。持続可能なコンパクトなまちを実現するためには、構造物によるインフラだけでなく、周辺土地利用の特性を活用したグリーンインフラとの連携による防災や、避難環境の整備、そして被災後に迅速な復興を実現するためのリスク分散近居の促進など、様々な施策を組み合わせたまちづくりが必要である。

謝辞: 本研究は、環境研究総合推進費 2-1706「再生可能都市への転換戦略—気候変動と巨大自然災害にシなやかに対応するために—」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 渡辺 公次郎, 山中 英生, 奥嶋 政嗣: 徳島都市圏における総合的な災害リスク評価に関する研究、土木計画学研究・講演集 Vol.57、2018
- 2) 徳島県危機管理部とくしまゼロ作戦課: 徳島県南海トラフ巨大地震被害想定(第二次)、2013
<https://anshin.pref.tokushima.jp/docs/2013112100023/>
2019.10.03 確認
- 3) 県土整備部 河川整備課: 徳島県河川の洪水浸水想定区域図、2019
<https://www.pref.tokushima.lg.jp/ippannokata/kendozukuri/kasen/2011050600025> 2019.10.03 確認
- 4) グリーンインフラ研究会、三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング、日経コンストラクション(編): 決定版! グリーンインフラ、pp.81、日経 BP 社、2017
- 5) 徳島県危機管理部とくしまゼロ作戦課: 徳島県津波浸水想定、2012
<https://anshin.pref.tokushima.jp/docs/2012121000010/>
2019.10.03 確認
- 6) 国土交通省四国地方整備局徳島河川国道事務所: 吉野川水系吉野川、旧吉野川・今切川洪水浸水想定区域図、2016
http://www.skr.mlit.go.jp/tokushima/bousai/sinsui/top_index.html 2019.10.03 確認
- 7) 国土交通省四国地方整備局那賀川河川事務所: 那賀川水系那賀川、派川那賀川・桑野川洪水浸水想定区域図、2016
<http://www.skr.mlit.go.jp/nakagawa/disaster-prev/floodsim/index.html> 2019.10.03 確認
- 8) 風間 聡、佐藤 歩、川越 清樹: 温暖化による洪水氾濫とその適応策、地球環境 14(2)、pp.135-141、2009
- 9) 山中英生、程飛、奥嶋政嗣、渡辺公次郎: リスク分散型近居による災害からの生活再建への寄与、土木計画学研究・講演集 Vol.57、2018
- 10) 全国地球温暖化防止活動推進センター: IPCC 第 5 次評価報告書、2013
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/index.html>
2019.10.03 確認
- 11) 徳島市: 徳島市立地適正化計画、2019
https://www.city.tokushima.tokushima.jp/shisei/machi_keikaku/loa_rat_plan/ricchi_home.html 2019.10.03 確認
- 12) 阿南市: 阿南市立地適正化計画、2019
<https://www.city.anan.tokushima.jp/docs/2019032800029/> 2019.10.03 確認

(2019. 10. 4 受付)