

徳島都市圏における土地の雨水浸透・貯留機能に着目した洪水災害リスクに関する研究 A Study on the Flood Disaster Risk considering the Infiltration and Storage Function of Rain Water in Tokushima Urban Area

渡辺公次郎¹⁾
Kojiro WATANABE

1)徳島大学大学院社会産業理工学研究部, 助教, 博士 (工学) (kojiro@tokushima-u.ac.jp)
Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University, Assistant Professor, Dr. Eng.

The purpose of the study is to evaluate the flood disaster risk considering the rain water infiltration and storage function of land use. I calculated two indexes. One is the surface water caused by the torrential rain of typhoon in 2016. Another is the future elderly household distribution in 2040. Flood disaster risk was evaluated by the number of elderly household on the area with the surface water over 100 mm/h, considering 4 scenarios about land use change. Based on the results of these evaluation, I showed the future land use policy in Tokushima Urban Area.

雨水浸透, 雨水貯留, 洪水災害, 高齢化, 土地利用計画
Rainwater Infiltration, Rainwater Storage, Flood Disaster, Aging, Land Use Planning

1. はじめに

1-1. 研究の背景と目的

近年、豪雨や台風が大規模化し、発生回数が増加する傾向にあり、それに伴う洪水被害も各地で発生している。洪水からまちを守るためには、各種河川整備やポンプ場、下水道整備など、ハード面で多くの対策が進められている。その一方、近年、生態系を活用した防災 (Eco-DRR) が注目を集めている¹⁾。これは、地域の生態系が持つ機能を防災に活かすことで、持続可能な地域社会の実現を目指す考え方である。国内では、海岸防災林や屋敷林、保安林、農地を利用した遊水池、水田のダム化、都市緑地を利用した延焼防止などの利活用例がある²⁾。

Eco-DRR の多くは、災害からの被害を完全に防ぐことはできないものの、農業や観光など、地域社会の持続性に関連することもあり、迅速な復興を実現するためにも事前に考えておくべき重要な観点となる。本研究では、Eco-DRR を考慮した土地利用計画を実現するための基礎情報として、土地の持つ雨水貯留、浸透機能に着目し、洪水災害リスクの観点からその評価を行う。

1-2. 研究対象地域

研究対象地域は、徳島東部都市計画区域 (図 1) である。この地域は、徳島市、小松島市、鳴門市の一部、阿南市の一部、吉野川市鴨島町、松茂町、北島町、石井町からなる区域で、面積 52,888ha、人口約 50.5 万人、区域区分による土地利用規制が実施されている。

この地域は、吉野川河口部の沖積地帯に広がっていることから、平野部が多く、中小規模の河川が多く存在する。土地利用は、市街地と農地が大半を占めている。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。

1-3. 評価の考え方

ところで、雨雲からの降雨は、樹木等に遮断され、地表に達する。地表に達した降雨は、道路など非浸透性の部分では、直ちに表面流出となり、低地の河川に向かう。農地、緑地など浸透性のある土地利用では、初めは地表に貯留ないしは地中に浸透するが、地表が十分潤って、降雨が浸透量を上回ると、表面流出が始まり、河川に向かう³⁾。

この関係を考えると、降雨を地中へ浸透させ、表面流出を遅らせることができれば、住宅等への浸水を防止、ないしは遅らせることができる。そこで、豪雨時のハザードを洪水と考え、その危険性を、地表面に残る水量、すなわち浸透ないしは貯留により地表面から消滅しなかった水量で表す。

洪水が発生すると、農地や住宅など様々な対象物が被害を受ける。特に、高齢者のみの世帯が被災した場合、避難の遅れによる被害や、居住環境の悪化などの可能性もあり、他の世帯に比べて災害による影響が大きいと考えられる。そこで、豪雨により地表面に残る水量とその場所の高齢世帯数により、都市圏レベルで地域の洪水災害リスクを評価する。

2. 評価方法

2-1. 地表面に残る水量の計算

時間 t におけるメッシュ i の地表面に残る水量 V [mm/h] は、その時の降水量 I から、貯留量 O_1 と浸透量 O_2 を差し引いた残りと考え、次式で計算する。

$$dV/dt = I - O_1 - O_2 \quad (1)$$

$$O_1 = D^{paddy} \cdot A^{paddy} + D^{gutter} \cdot A^{gutte} \quad (2)$$

$$O_2 = k^{paddy} \cdot A^{paddy} + k^{farm} \cdot A^{farm} + k^{forest} \cdot A^{forest} + k^{sewers} \cdot A^{sewers}$$

(3)



図1 徳島東部都市計画区域

ここで、

$A_{paddy}, A_{gutter}, A_{farm}, A_{forest}, A_{sewers}$ メッシュ i の水田、道路の側溝、畑、森林、下水道整備区域の面積
 D_{paddy}, D_{gutter} 水田と側溝の高さ
 $K_{paddy}, K_{farm}, K_{forest}, K_{sewers}$ 水田、畑、森林の浸透能、下水道の処理能力

メッシュサイズは4次メッシュ (500m) とする。徳島都市圏は、山間部以外はほぼ平地であること、そして、4次メッシュ単位で水の収支を考えているため、メッシュ外への表面流出は考えない。

2-2. 高齢世帯数の予測

次に、高齢世帯数の予測方法を説明する。ここでは高齢世帯を75才以上の高齢単身、高齢夫婦世帯とする。

まず、4次メッシュ単位で徳島県の人口データ (2005年) を整理し、コーホート要因法により2040年の人口を予測、次に、年齢区分別の予測値の合計が、国立社会保障・人口問題研究所が発表した2040年の徳島県の将来人口に一致するように各メッシュの人口を補正する。

次に、三宅³⁾が提案したライフサイクルマトリクス (LCM) の考え方を基に、1998~2013年の住宅土地統計調査を用いて、徳島県全体の世帯主年齢、家族構成員数の関係をクロス集計し、2040年の世帯主年齢別・家族構成員別の予測を行う。最後に、ここで得られた徳島県全体の高齢世帯数を、予測した4次メッシュ別人口に応じて各メッシュに配分して、4次メッシュ別の高齢世帯数を求めた。

3. 徳島東部都市計画区域への適用

3-1. 地表面の残る水量 V の推計

本研究では、豪雨による洪水被害を緩和する土地利用を評価するため、最近で最も日降水量が多かった、2016年9月20日の降雨データを気象庁ウェブサイトよりダウンロードして用いた (図2)。この日は2016年台風16号

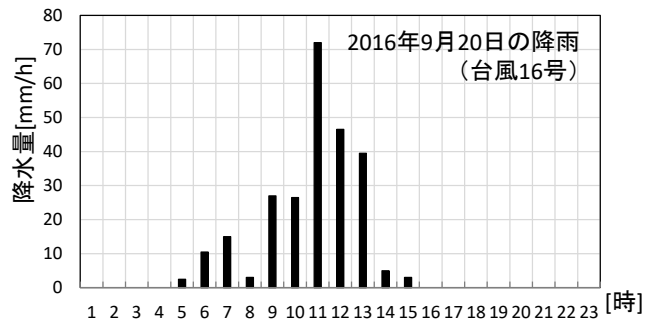


図2 用いた降雨データ

の影響で、5時から15時頃まで降雨が続き、合計250.5mm/日であった。この降雨が対象地域全体の陸域に、均等に降った場合を想定している。

陸地、水田、畑、森林の面積は、徳島東部都市計画区域で2014年に行われた、都市計画基礎調査の結果を用いている。下水道整備区域の面積は、各自治体が発表している資料より作成した。対象地域内で下水道が整備されているのは、徳島市、北島町、松茂町、吉野川市鴨島町の各中心部のみである。

側溝については、道路縁に存在すると想定し、道路データを基に長さを集計した。この値に、側溝の幅として500mmを掛け合わせて面積とした。水田の畦の高さ⁴⁾は300mm、側溝の高さは、455mmとした。側溝の幅と高さはJIS規格より設定した。水田、畑、森林の浸透能は、既往研究^{5),6)}より8.6mm/h, 215mm/h, 230mm/hとした。これ以外の土地利用は不浸透面とした。下水道の浸透能は、既往研究^{7),8)}を参考に、18mm/hとした。

3-2. 高齢世帯数の推計

図3に2040年の高齢世帯数を推計した結果を示す。図1と比較すると、人口が集中する市街化区域内で高齢世帯数が多く予測されている。しかし、市街化調整区域でもまとまって高齢世帯が予測されている箇所が複数ある。今回用いた手法は、過去の変化に基づいたものであり、現在の分散的な市街地に居住する世帯が高齢化することが予測されている。

3-3. 重ね合わせ評価

一般に100mm/h以上、地表面に水が溜まると、移動に支障が出る⁹⁾ことから、ある時間に、地表面に残る水量 V が100mm/h以上になるメッシュを取り出し、そこに住む高齢世帯数を用いて洪水災害リスクを評価する。その際に、4つのシナリオを想定する。

シナリオ1 (現状維持型) は、現状の土地利用が2040年まで維持される場合である。シナリオ2 (市街化進捗型) は、市街化調整区域内で大規模既存集落の指定^{注1)}により開発が許可される区域において、2040年までに水田、畑の面積が半減する場合であり、郊外部の分散的な市街化が進む場合を想定している。シナリオ3 (都市内農地消滅型) は、市街化区域内で開発が進み、2040年ま

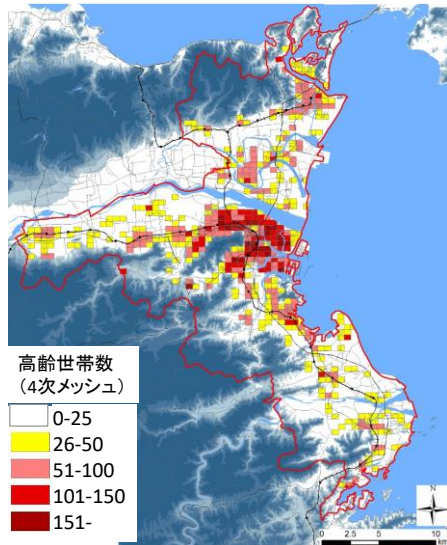


図3 2040年の高齢世帯数

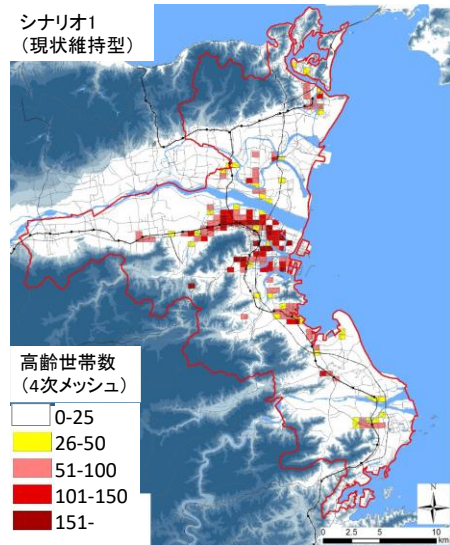


図4 災害リスク評価結果（シナリオ1）

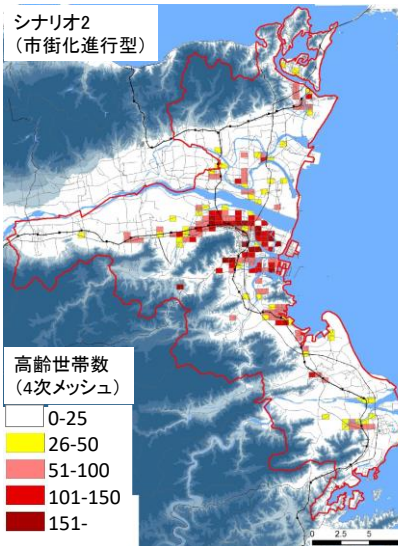


図5 災害リスク評価結果（シナリオ2）

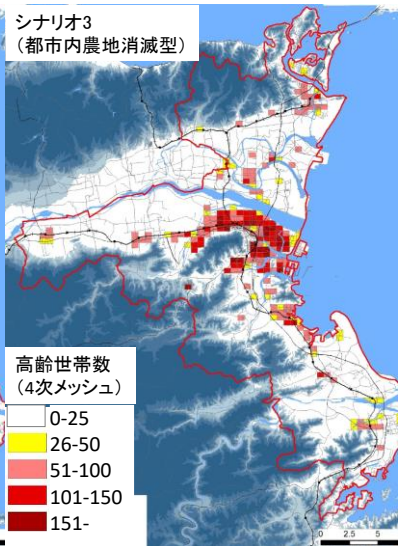


図6 災害リスク評価結果（シナリオ3）

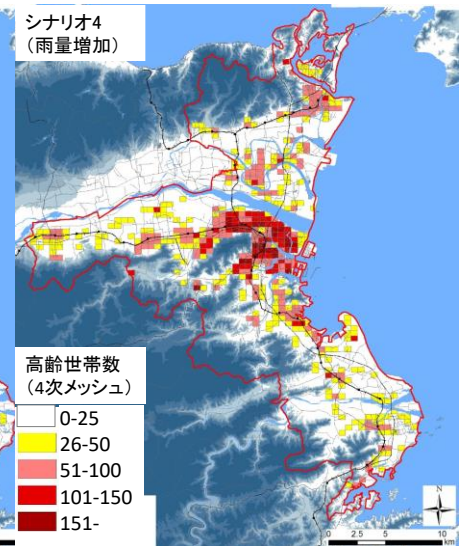


図7 災害リスク評価結果（シナリオ4）

表1 各シナリオの高齢世帯数

	シナリオ1 （現状維持）	シナリオ2 （市街化 進行）	シナリオ3 （都市内農 地消滅）	シナリオ4 （雨量増 加）	対象地域 合計
2040年 の高齢 世帯数	13,870	14,488	18,969	37,330	40,659
(%)	34.1	35.6	46.7	91.8	100.0

でに水田・畑が全て市街地に転換される場合である。竹内ら¹¹⁾の試算によると、高知県において、将来の気候変動により台風期の降雨量が現在よりも1.6倍程度になることが予測されている。この結果を踏まえ、シナリオ4（雨量増加型）は、2040年の降雨量が1.5倍になる場合を想定した。

3-4. 結果の考察

図4～図7にシナリオ別、Vが100mm/h以上になるメ

ッシュの高齢世帯の分布を、表1に高齢世帯数を示す。

この世帯数が多いほど洪水災害リスクが高いと評価する。

シナリオ1の結果（図4）を見ると、現状の土地利用が維持される場合、市街化区域が設定されている、徳島市、小松島市、北島町、鳴門市、阿南市、石井町の中心部で洪水災害リスクが高くなる。市街化調整区域で市街化が進むシナリオ2（図5）の結果と比べると、約1%程度であるが、シナリオ1に比べ、吉野川の近くで洪水災害リスクが高くなっている。

市街化区域の農地が市街地に転換されるシナリオ3の結果を見ると、もともと高齢世帯が多いこともあり、表1より、46.7%の高齢世帯が洪水災害リスクにさらされている。分布（図6）を見ると、シナリオ1、シナリオ2よりも、市街化区域内の方が高い。

降雨量が増加したシナリオ4の結果を見ると、表1より、91.8%の高齢世帯が洪水災害リスクにさらされてお

り、分布 (図 7) を見ても、他のシナリオよりも、全域に渡って洪水災害リスクが高くなっている。シナリオ 4 では、土地利用が現状のままとしたため、今後、雨量が増加すると、現状の下水道に加え、土地の雨水貯留、浸透能力だけでは対応できなくなることが考えられる。

4. まとめ

本研究では、高齢世帯居住地と、土地の雨水処理機能を用いて洪水災害リスク評価手法を提案した。

評価の結果、雨量が現在と変わらない場合、郊外部の農地を市街地へ転用しても、洪水災害リスクの増加はわずかであるが、市街化区域内農地をなくした場合、増加することが分かった。しかし、今後の気候変動により雨量が増加した場合の評価結果から、土地利用が変化しなくとも洪水災害リスクは広範囲で高くなることが考えられる。

今後は、郊外部における分散的な市街化を抑制しつつ、都市の雨水処理手法の一つとして農地や緑地といった浸透性能が高い土地を活用すること、そして、今後、市街地の集約化が進むと考えられる市街化区域内においては、下水道などのインフラ施設の充実を図るとともに、残存する農地や緑地の防災機能としての価値を認識しつつ、保全、活用を進めていく必要がある。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 17K06707 の助成を受けたものである。また、降雨時の水の動きについて、徳島大学大学院社会産業理工学研究部の武藤裕則教授、田村隆雄准教授からご助言をいただいた。関係各位に感謝の意を表す。

注

注 1) 徳島東部都市計画区域では、市街化調整区域内であっても、半径 250m の範囲内に 200 以上 (当該範囲内に小学校、中学校、市役所若しくは町役場 (支所及び出張所を含む)、駅又は隣保館のいずれかが存在する場合は 160 以上) の建築物が存在する区域は、大規模既存集落として開発許可の対象となっている¹⁰⁾。

参考文献

- 1) 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」、日経 BP 社、2017
- 2) 玉井信行 (編) : 「大学土木 河川工学」、オーム社、1999
- 3) 村田龍雲、三宅 醇、谷 武 : LCM セル別住宅事情の将来予測に関する研究、日本建築学会東海支部研究報告集、第 42 号、pp.741-744、2004
- 4) 農林水産省農村振興局 : 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「ほ場整備 (水田)」、2012

- <http://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/nousin/gizyutu/h24-2/pdf/ref-data1-1.pdf> (2018.2.19 閲覧)
- 5) ティ ハ、高橋昌弘 : 水田による地下水人工涵養効果の実証実験、こうえいフォーラム第 19 号、pp.85-93、2011
https://www.n-koei.co.jp/rd/thesis/pdf/201103/forum19_011.pdf (2018.2.19 閲覧)
- 6) 飯田晶子、大和広明、林 誠二、石川幹子 : 神田川上流域における都市緑地の有する雨水浸透機能と内水氾濫抑制効果に関する研究—内外水複合氾濫モデルを用いたシミュレーション解析—、都市計画論文集 Vol.50、No.3、pp.501-508、2015
https://www.jstage.jst.go.jp/article/journalcpj/50/3/50_501/_pdf (2018.2.19 閲覧)
- 7) (社) 日本下水道協会 : 「合流式下水道越流水対策と暫定指針 1982 年版」、1982
- 8) 荒木千博、天口英雄、河村 明、高崎忠勝 : 地物データ GIS を用いた都市流域地下水涵養モデルの構築および実流域シミュレーション、土木学会論文集 B1 (水工学) 68 巻 2 号、pp. 109-12、2012
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejhe/68/2/68_109/_pdf/char/ja (2018.2.19 閲覧)
- 9) 国土交通省ストックを活用した都市浸水対策機能向上検討委員会 : ストックを活用した都市浸水対策機能向上のための新たな基本的考え方・参考資料、2014
<http://www.mlit.go.jp/common/001035475.pdf> (2018.2.19 閲覧)
- 10) 徳島県県土整備部都市計画課 : 開発許可の手引き、2017
<https://www.pref.tokushima.lg.jp/ippannokata/kendozukuri/toshikeikaku/2012041000138> (2018.2.19 閲覧)
- 11) 竹内悠一郎、古沢 浩、吉村耕平、那須清吾 : 台風期の高知市における気候変動の影響、日本環境共生学会第 20 回(2017 年度)学術大会発表論文集、pp.12-20、2017