

《論文》

査読付き

徳島県における農地の変化と
洪水リスクへの影響に関する研究¹⁾渡辺公次郎*
石田和之**

要約:

本研究では、徳島県を対象に、グリーンインフラとして重要な役割を担う農地の変化傾向をとらえ、それに起因する洪水リスクを評価した。洪水災害をハザード、その曝露対象を世帯、世帯が存在する土地特性を雨水流出量で表し、その組み合わせにより洪水リスク評価値を計算した。まず、県内を四つのゾーンに分けて農地変化傾向を分析したところ、市街化調整区域が含まれる都市周辺部、農業が中心の平地部ではまとめて農地が減少しており、中山間地域では小規模かつ分散的な農地減少がみられた。さらに、農林業従事者数が減少するほど農地も減少すること、平地部の農地減少面積が大きいこと、道路密度が2km以下のメッシュで農地減少が進んでいること、スーパーマーケットと小学校に近いほど農地が減少していることが分かった。最後に、洪水リスク評価値を計算したところ、徳島市西部の石井町や吉野川市付近、徳島市北部の藍住町、北島町付近で洪水リスクが増加するメッシュがまとめて、中山間地域では小規模かつ分散的に洪水リスクが大きくなるメッシュが存在していた。特に、吉野川中下流域では、洪水リスクが高いメッシュと洪水浸水域が重複しており、農地の維持管理が必要であることが示された。

キーワード: グリーンインフラストラクチャ、土地利用、洪水リスク、防災

1 はじめに

1.1 研究の背景と目的

1.1.1 農地の現状

1961年以降、わが国の農地は減少傾向にある。平成30(2018)年度耕地及び作付面積統計(農林水産省生産流通消費統計課2018)によると、全国の耕地面積は約4,420,000ha存在するが、荒廃地化、宅地等への転用増、自然災害等による耕地の

減少から、2017年度に比べ24,000ha(0.5%)減少している。ピークは1961年の6,086,000haであり、この時に比べると、約27%減少している。一方、2015年度の農林業センサス(農林水産省大臣官房統計部経営・構造統計課センサス統計室2015)によると、農家等が含まれる農林業経営体数は、2010年度に比べて18.7%減少している。さらに、農水省がまとめた荒廃農地に関する資料(農林水産省農村振興局農村政策部2020)によると、耕作放棄地は2005年の約386,000haに対し、

*徳島大学大学院社会産業理工学研究部准教授

**関西大学商学部教授

2015年には約423,000haに増加している。荒廃農地³⁾は2008年の約284,000haに対し、2018年には約280,000haと、それほど変化していないが、その内訳を見ると、再生利用困難な農地が2008年の約135,000haに対し、2018年には約188,000haに増加している。

農林水産省の資料（農林水産省農村振興局農村政策部2020）によると、荒廃農地の発生原因として、高齢化・労働力不足、農地の受け手がない、土地持ち非農家の増加といった人の問題、価格低迷、収益の上がる作物がないといった経済的な問題、そして、基盤整備が進んでいない、傾斜地・湿田など自然条件が悪いなど農地環境の問題が挙げられている。実際の統計データから見ても、全国で農地が減少し、そこで働く人々も減少し、耕作放棄や荒廃が進んでいることが分かる。農業を取り巻く状況も悪化している。

1.1.2 グリーンインフラとしての農地

農地は、食料生産が第一の目的であるが、適切な維持管理により、周辺部に対する防災機能も期待できる。特に、豪雨時には雨水を一時的に貯留することで、流出のタイミングをずらし、洪水被害を軽減させることも指摘されている（橋本2017）。このように、自然環境や土地そのものの特性など、生態系を活用した防災・減災（Ecosystem-based disaster risk reduction: Eco-DRR）（環境省自然環境局2016）が世界各地で注目されている。Eco-DRRを実現するためには、土地が本来持つ能力を防災面で活用できるよう、維持管理することで、土地をグリーンインフラストラクチャ（GI）の一つとして利用することが必要である。グリーンインフラ研究会によると、GIとは、「自然が持つ多様な機能を賢く利用することで、持続可能な社会と経済の発展に寄与するインフラや土地利用計画」と定義（グリーンインフラ研究会2017）されている。本研究では、土地利用計画に含まれる土地利用をGIと考え、その変化が洪水リスクに与える影響を評価する。

橋本禪（2017）は、農地のGIとしての機能を三つ挙げている。第一は「田んぼダム」である。水田は畦の高さまで水を貯留することができるが、これにより、水田から排水路や河川に流出す

る雨水のピークを緩和できることが示されている（Yoshikawa 2010 et al.; 吉川ほか2011）。第二は調整池としての役割である。利根川の田中調整池は、普段は農地として利用されているが、2019年台風19号による洪水時には洪水を流入させる調整池として機能している⁴⁾。第三は地下水涵養である。阿蘇外輪山西側から熊本市にかけて、この地域の地下水の涵養量は、その約3割を水田が担っている（熊本県2008）。このように、農地は洪水防止に関する機能も備えている。

平成29年7月九州北部豪雨（2017）、平成30年7月豪雨（2018）、令和元年東日本台風（2019）など、近年、今までにない規模の台風や集中豪雨が発生し、洪水災害が増加している。こういった大規模災害は、農地にも大きな被害をもたらしている。農地の復旧復興が遅れることで中山間部や農村部における耕作放棄が加速化し、農地の洪水低減機能が低下する可能性もある。橋本（2017）が示した、農地のGIとしての機能は、耕作放棄化などにより農地としての利用がなされなくなった場合、十分に発揮されないことも考えられる。農地をGIとして利用できるよう維持管理することは、農業の維持だけでなく、地域の防災対策としても重要である。

土地の適切な維持管理という視点は、2020年に改正された土地基本法にも盛り込まれている。この法律は、土地対策の目的として「適正な土地利用の確保」および「正常な需給関係と適正な地価の形成」を規定している。しかし近年、所有者不明土地の増加や、これによる災害時の被害拡大、復旧の遅れなどが問題化しており、その対応として、2020年の改正土地基本法には「土地の適正な管理」とそれを促進する「円滑な取引」が追加された（国土交通省土地・建設産業局企画課2020）。農地においても、GIとしての効果を最大限、発揮させるためには、適切な維持管理が必要であり、これを実現するための土地利用計画が必要である。

1.1.3 研究の目的

以上の背景から本研究では、広範囲での利用を考慮し、オープンデータとして公開されているデータを用いて、GIとして重要な役割を担う農

地の変化傾向をとらえ、それに起因する洪水リスクを評価する。その結果から、災害に強い地域を実現するための、今後目指すべき土地利用の方向性を示す。研究対象地域は、農地が減少傾向にあり、かつ大規模災害が想定される地域として徳島県とする。

1.2 既往研究と本研究の関連

農地自体の変化、その空間的特徴に関する研究として、荒金恵太ほか(2017)は、市町村が策定する「緑の基本計画」において、緑とオープンスペースが都市の防災・減災にどのように寄与するかを分析している。2006年から2016年までに策定、改訂された72計画を対象とし、計画内容を延焼防止、津波・水害・土砂災害防止、災害対策拠点、防災教育の観点から整理している。その結果、農地は、延焼、津波被害の軽減、避難や災害対策拠点としての役割が期待されていた。

牛島朗ほか(2017)は、小規模な中山間集落である山口県西部の奥野集落を対象に、棚田景観を構成する営農環境要素と、棚田面積の時系列変化との関連を分析することで、棚田景観維持のための知見を整理している。その結果、水田のまとまり、水利システム、営農状況が大きく関係していることを指摘している。営農状況は、先に挙げたGIとしての機能を発揮するためにも重要な要因であることから、良好な棚田景観の維持は、防災にも大きく関係すると考えられる。

橋本(2017)は、農地や農業施設のGIとしての機能を、事例も交えて整理しており、その実現のための制度との関係も示している。防災に対する農地のGIとしての機能は、1.1.2で示したとおりであるが、農地を適切に維持管理すること、GIの機能向上に資する農業用施設を整備すること、そして、農村整備関連事業を効果的に活用することを示している。

Yoshikawaほか(2010)は、新潟県村上市神林地区を対象に、農地をGIとして利用する「田んぼダム」の評価を行っている。田んぼダムがある場合、無い場合の洪水調整量をシミュレーションにより比較したところ、田んぼダムがある場合に12.1[m³/s]、河川への流出量が減少する結果

となり、水田が、排水路や河川に流出する雨水のピークを緩和する機能があることを示している。

松本敬司ほか(2013)は、1.1.2で示した、田中調整池を含む利根川の三つの調整池を対象に、洪水調整量の推計を行っている。その結果、これらの調整池は、2001年台風15号の際に、利根川下流部の洪水流量を低減させたことを定量的に示している。

稲葉佳之ほか(2009)は、都市近郊の市街化調整区域の農地を対象に、20年間の土地利用変化をもとに粗放化の時系列的なパターンと、その空間的な特徴を明らかにしている。その結果、農用地区域の指定や圃場整備が、農地の粗放化を抑制できていないことを実証している。さらに、不耕作地から農地への復元が少ない点も指摘している。

栗田英治ほか(2016)は、宮城県山元町花釜地区を対象に、東日本大震災前後の土地利用データをもとに、津波浸水域の土地利用を分析している。その結果、1975年の時点では建物用地や畑、樹林地は地区内に発達した浜堤部に立地し、浜堤部より低い後背湿地には田が多いなど、自然地形に即した土地利用がなされていた。しかし、2010年には宅地化と農地の耕作放棄が進み、震災により大きな被害が生じた。2014年の時点でも地区内の5割強が荒れ地となっていた。この結果から、彼らは地形的条件を踏まえた土地利用の方向性を提案している。

次に、災害リスクと土地利用との関連に関する研究として、松中亮治ほか(2018)は、一般に公開されている地震・洪水・土砂災害に関するデータを用いて災害リスク指標として暴露人口を設定し、土地利用規制との関係を分析している。全国を対象とした分析の結果、地震・洪水リスクが増加し、土砂災害リスクが減少していること、農地から市街地に転換した地域は、地震・洪水の暴露人口が高いこと、三大都市圏以外では、市街化調整区域の方が市街化区域より暴露人口が高いことなどを示している。

農地は、本来、食料生産のための空間である。そのため、洪水時、農地が被災することで、近隣住民の被害が軽減できたとしても、被害を受けた農地では食料生産ができず、農家の収入が減少する。農地の被害補償については、農林水産省によ

る農地災害復旧事業⁵⁾などがある。この事業は農地の災害復旧が目的であり、農地がGIとしての効果を発揮することにより軽減された被害は考慮されていない。もし、農地を防災のためのGIとして、政策的にその維持管理を位置づけるのであれば、農地による防災効果を、近隣住民に対する便益として考え、制度に反映させることが望ましい。しかし、わが国ではそういった制度はまだ存在しない。

以上をまとめると、農地は、適切に維持管理することで洪水低減機能を発揮することができる。そのため、行政計画において、保全、活用が期待されているものの、農地の耕作放棄地化は、中山間地域だけでなく、都市部の市街化調整区域など多くの地域で進んでいる。この問題は、災害だけでなく景観の阻害にもつながっている。しかし、地方都市では、かつて地形的条件を踏まえた土地利用となっていた地域が、近年は宅地化や農地の耕作放棄により、災害リスクが増加する傾向にある。

本研究では、徳島県全域を対象に、農地の変化傾向を分析し、防災のGIとしての機能に着目して洪水リスクを評価し、今後の土地利用の方針を示す。なお、本研究では農地の防災的機能のみに着目しており、農地が防災効果を発揮することで低減する食料生産機能の評価は行っていない。この点は今後の課題としたい。

2 徳島県の現状

2.1 土地利用の現状

徳島県は、東西に吉野川が流れ、その流域および沿岸域の平地を中心に農地や市街地が広がっている。吉野川流域は、古くから水害が多い地域であり、さまざまな河川整備が進められてきた。加えて、沿岸域では南海トラフ巨大地震による津波、中山間地域では土砂災害などへの備えもハード、ソフトの両面から進められている。

図1と図2に徳島県全体の2006年、2014年の土地利用(国土数値情報)を、図3と図4に、土地利用変化が大きい、徳島東部都市計画区域付近を拡大して示す。図3は2006年、図4は2014年

である。吉野川河口部の徳島市や、東部沿岸域の鳴門市、小松島市、阿南市などに密集した市街地が広がり、吉野川流域に、分散的に市街地が存在する。2時点と比較すると、徳島市西部、石井町、吉野川市鴨島町付近で市街地が分散的に拡大していることが分かる。吉野川流域や那賀川下流部には水田がまとまって存在するが、この地域で分散的に市街化が進んでいる。水田以外の農地は、鳴門市郊外部、徳島市南西部、勝浦町付近に広がっており、山間部にも点在している。これら以外の地域は、大半が森林となっている。

国勢調査によると、徳島県の世帯数は、298,480世帯(2005)から305,754世帯(2015)と、7,274



図1 徳島県の土地利用 (2006)

出所：国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ 2006年、行政区画データ 2017年。



図2 徳島県の土地利用 (2014)

出所：国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ 2014年、行政区画データ 2017年。

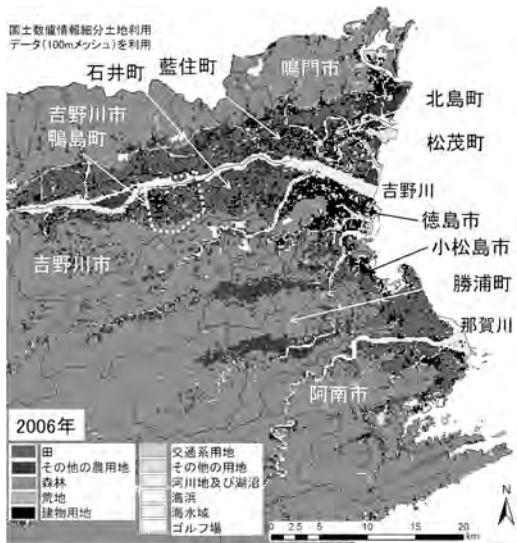


図3 徳島東部都市計画区域周辺の土地利用 (2006)
出所：国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ 2006年、行政区域データ 2017年。



図4 徳島東部都市計画区域周辺の土地利用 (2014)
出所：国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ 2014年、行政区域データ 2017年。

世帯 (2.4%) 増加している。これに対し、農家戸数 (農林業センサス) の変化を見ると (図5)、販売農家が 26.3% 減、自給的農家が 11.1% 減であるが、土地持ち非農家が 3.0% 増加している。全世帯の増加に対し、農家戸数の減少割合が大きく、農家の減少が急激に進んでいることが分かる。さらに、農林業センサスによると徳島県の農地面積 (経営耕地面積) は、2005 年の 21,137ha に対し、

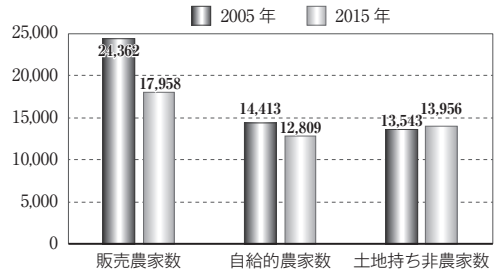


図5 徳島県の農家戸数 (農林業センサス)

出所：農林業センサス 2005年、2015年。

2015 年には 18,194ha と、2,943ha (14%) 減少している。徳島県の世帯数は 2.4% 増加しているのに対し、販売農家戸数は 26.3% 減少している。以上より、農家戸数の急激な減少と農地面積の減少が同時に進んでいることが分かる。

2.2 土地利用規制の現状

図6に徳島県の都市計画区域を示す。徳島市とその周辺部からなる徳島東部都市計画区域は、区域区分による土地利用コントロールが行われている。しかし、近年、土地利用変化 (図1から図4) を見ても分かるように、市街化調整区域となっている、徳島東部都市計画区域の西部 (徳島市国府町、石井町、吉野川市鴨島町付近)、吉野川北部 (松茂町、北島町) などを中心に、分散的な市街化が進んでいる。市街化調整区域は、本来、市街化を抑制すべき地域であるが、コントロールできていない現状にある。徳島市に隣接する藍住町は、人参栽培が盛んな地域であるが、全域が未線引きの藍住都市計画区域に指定されているため、開発規制が少なく、徳島市や鳴門市といった都市部にも近いことから、ベッドタウン化による、農地の宅地への転用が進んでいる (豊田ほか 2006)。これ以外の県内都市計画区域も未線引きであり、積極的な土地利用規制は行われていない。さらに、徳島県の大半は都市計画区域外であり、都市計画による土地利用規制に制約がある。

一方、優良な農地を維持するために、農業振興地域 (図7) が指定されている。農用地区域 (青地) は、農業以外の利用が制限されている地域で、やむを得ず農業以外の用途に変更する場合は、農用

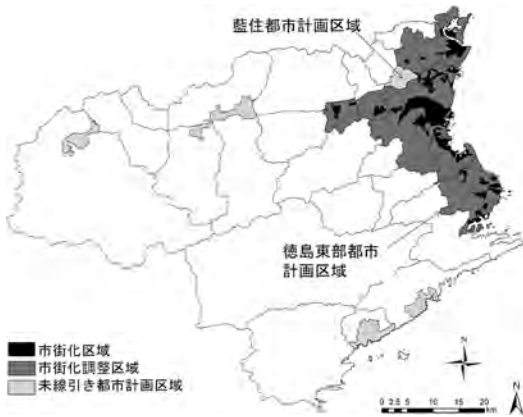


図6 徳島県の都市計画区域

出所：国土数値情報 都市地域データ2018年、行政区域データ2017年。

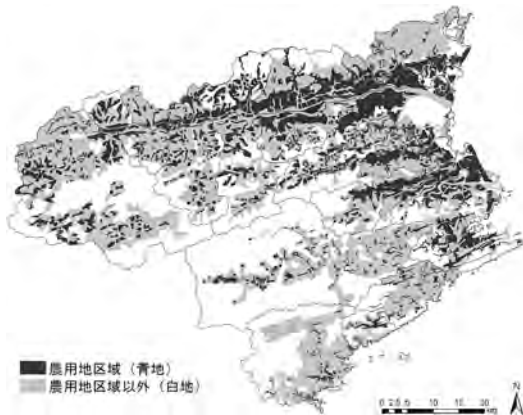


図7 徳島県の農業振興地域

出所：国土数値情報 農業地域データ2011年、行政区域データ2017年。

地区域（青地）の除外手続きが必要となる。それ以外の白地は、農地転用申請が必要となる。このように、農地については都市計画とは別の制度により土地利用コントロールが行われているが、図1から図4の土地利用変化に示すように、一部の地域では分散的な市街化が続いている。

3 農地の変化傾向の分析

3.1 ゾーン区分

本節では、徳島県の農地の変化傾向を分析する。前節で見てきたように、徳島県内の農地は、吉野川流域や那賀川流域だけでなく、市街化区域

内に残る農地、中山間部に点在する農地など、周辺環境が異なる地域に存在する。そのため、農地の変化傾向をとらえるに際し、県内を地域特性に応じたゾーンに区分し、要因を分析する。

ゾーン1は、都市的土地利用が中心と考えられる市街化区域、用途地域⁸⁾が指定されている地域とした。市街地内に残存する農地を想定している。ゾーン2は、農地と市街地が混在する市街化調整区域と、未線引き都市計画区域とした。ある程度開発圧力が存在し、宅地に転用される可能性が高い農地を想定している。ゾーン3は、ゾーン1からゾーン2に含まれない、標高が80m以下の地域とした。開発圧力が少なく、農業が産業の中心となる地域を想定している。ゾーン4は、ゾーン1からゾーン3に含まれない、山地が中心となる標高80m以上の地域とした。福岡市の開発許可基準⁹⁾では、標高80m以上の地域が自然環境の保持のために確保すべき区域の条件の一つとなっている。表1によると、徳島県の標高80m以下の地域における農地（2006）の割合は40.8%、標高80m以上の地域では6.8%であった。このことから、標高80m以上の地域は、農地としての利用よりも、山地が中心となる地域と考え、本研究では標高80mをゾーン3とゾーン4を区分するしきい値とした。

本研究では、洪水リスクを評価し、その結果から土地利用計画への知見を得ることを目的としている。そのため、分析の空間単位は、土地利用の傾向に反映できる程度の大きさとして4次メッシュ（約500m）を用いた。本研究で用いる土地利用データは、国土数値情報で整備されたものであり、3次メッシュの100分の1である、約100mメッシュ形式である。このデータに4次メッシュを重ね合わせ、各メッシュに含まれる土地利用面積を集計して分析で用いる。

ゾーンを区分するにあたり、市街化区域、用途

表1 徳島県における標高と農地面積の関係

標高	面積 [km ²]	農地面積 (2006) [km ²]	農地の割合 [%]
0-80m	827	337	40.8
80m 以上	3,197	217	6.8
合計	4,024	555	13.8

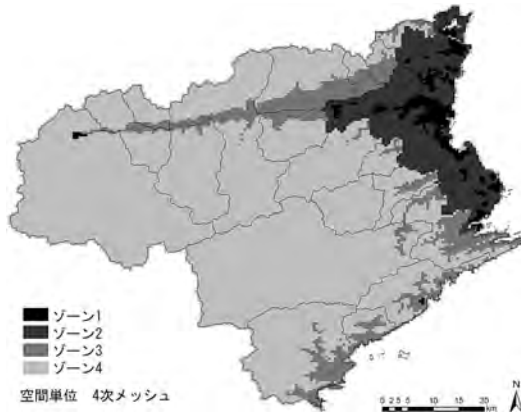


図8 区分したゾーン

出所：国土数値情報 行政区域データ 2017年。



図9 2006年から2014年までに減少した農地

出所：国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ 2006年・2014年、行政区域データ 2017年。

地域、市街化調整区域、未線引き都市計画区域の面積をデータとして用いるが、これらを4次メッシュと重ね合わせ、各々の面積を計算し、最も大きな区域を、その区域と判断した。図8に各ゾーンを示す。

3.2 クロス集計による分析

次に2006、2014年の国土数値情報の土地利用データを用いて、農地（田、畑）が減少した地域を抽出した（図9）。具体的には、農地から別の土地利用に変化した地域である。これを見ると、吉野川流域、小松島市、阿南市の沿岸域など、農地がまとまって存在する地域だけでなく、中山間地域でも分散的に農地が消滅している。

表2に各ゾーンで集計した農地減少面積を示す。ゾーン面積に対する農地の減少割合を見ると、ゾーン1から3は、約9%程度、中山間地域が大半を占めるゾーン4は2.3%程度となっている。ゾーン1は、市街化区域が含まれているため、市街化区域内農地の転用によると考えられる。しかし、ゾーン2、ゾーン3は市街化調整区域が含まれるものの、農地減少が進んでいる。ゾーン1から3は、市街地も含まれるため、農地の防災効果を利用するためには、これ以上の減少は食い止めるべきである。通常、大規模開発が行われる際には、調整池など排水施設の設置が求められる。徳島県の開発許可基準¹⁰⁾でも同様の規定

表2 ゾーン別の農地減少面積

	ゾーン面積 [km ²]	農地減少面積 [km ²]	[%]
ゾーン1	111	10	8.8
ゾーン2	420	40	9.6
ゾーン3	429	42	9.7
ゾーン4	3,064	70	2.3
合計	4,024	162	4.0

がある。しかし、徳島都市圏で行われた渡辺らの研究（渡辺ほか 2016）によると、市街化調整区域における小規模で分散的な開発も多く、農地転用によるものと考えられる。より詳細に洪水リスクを評価するためには、開発行為の規模や排水施設との関係を考慮すべきであるが、県全体をマクロに評価する視点から、今回は、国土数値情報で公開されている土地利用データで把握できる開発を対象としている。

このデータを4次メッシュ単位で集計し、農地が減少する要因として考えられる項目をクロス集計した。人的要因として2005年から2015年の農林業従事者の変化、環境的要因として傾斜度、道路密度、都市的要因として、スーパーマーケット（以下、「SM」）への距離、小学校への距離への距離を想定し、農地減少面積とクロス集計した。具体的には、農地が減少したメッシュを対象に、農林業従事者数の変化、傾斜度、道路密度、距離を計算し、それらと農地減少面積との関係を集計し

た。道路密度は、4次メッシュに含まれる幅員5.5m以上の道路長とした。

図10より農林業従事者数の変化との関係を見ると、5-1人減のメッシュで、各ゾーンとも農地が大きく減少している。全体的に、農林業従事者数が減少しているメッシュの方が、農地減少面積が大きく、農地、従事者数ともに減少する傾向にある。服部ら（服部俊宏ほか1995）は、関東地方の都市的地域に分類される175の市町を対象に、耕作放棄地の発生要因を分析している。その結果、畑地では60歳未満の農家減少率、跡継ぎのいる農家率が減少するほど耕作放棄地が増加する傾向が示されている。本研究では、畑地と水田をまとめて農地として分析している点が、服部らと異なるが、開発圧力が大都市圏ほど強くない地方都市でも、農林業従事者数が減少するほど農地も

減少する傾向にある。

図11より傾斜度との関係を見ると、ゾーン1、ゾーン2、ゾーン3は、農地が減少した面積のうち7割以上が傾斜度5度以下の平地となっている。平地の方が宅地開発しやすいこともあり、その影響も考えられる。中山間地域のゾーン4では、平地よりも傾斜地の農地が多く減少している。

図12より道路密度との関係を見ると、ゾーン1、2、3、4の順番で道路密度1km以下のメッシュで農地が減少する割合が大きくなっている。ここでは、幅員5.5m以上の道路長を道路密度としているため、市街化区域が含まれるゾーン1は、他のゾーンよりも道路密度が高く、1km以下、1-2kmのメッシュで農地減少割合が高い。これ以外のゾーンでは、道路密度1km以下のメッシュで農地減少割合が高い。道路へのアクセ

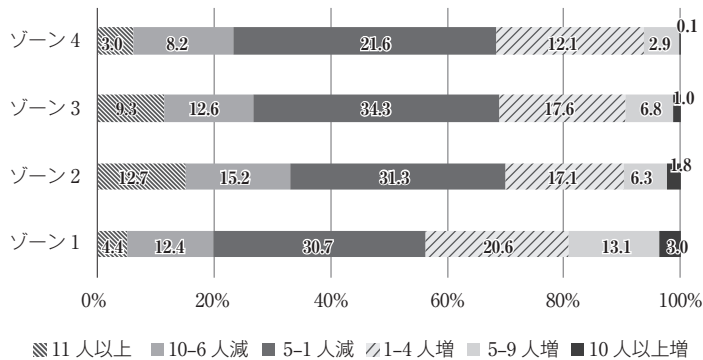


図10 農地減少面積と農林業従事者数変化の関係

出所：国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ2006年、同2014年、国勢調査地域メッシュ統計2005年、同2015年。

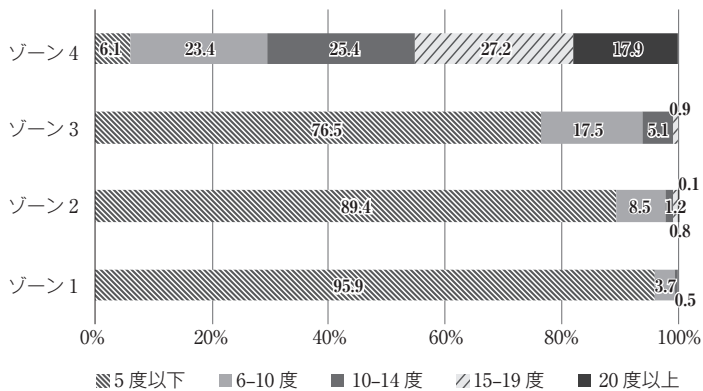


図11 農地減少面積と傾斜度との関係

出所：国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ2006年、同2014年、国土数値情報標高・傾斜度4次メッシュデータ。

ス性は農地の維持管理にも重要だが、逆に居住者にとっては交通利便性にも影響する。大野裕司ほか(2000)は、特別区、政令市を除く、関東地域の市町村を対象に、1980年から1990年および1995年までの人口集積と都市施設整備との関係を分析している。その結果、市街化調整区域における道路整備が市街化を促進させることを示している。ゾーン2、ゾーン3は市街化調整区域が含まれており、道路網整備による交通利便性向上が、宅地化の原因となり、農地減少につながったことが考えられる。ゾーン4は、道路網密度1km以下のメッシュで95%が農地減少しており、道路密度の影響は小さいと考えられる。

次に、SM、小学校への距離との関係を見ていく。図13よりSMへの距離と農地減少面積の関

係を見ると、ある程度の市街化圧力が想定されるゾーン1では、SMから2km以下のメッシュで農地が減少した割合が94.9%と、大部分を占めている。同様に、ゾーン2では80.6%、ゾーン3では68.8%となっている。丁育華ほか(2009)は、徳島広域都市圏に対する買い物行動のアンケート調査を行い、その結果より、自動車利用が可能な場合の満足距離として、805m(食料品)、1,616m(日用品)、2,640m(買い回り品)を算出している。なお、満足距離とは、その距離以内に施設を配置してほしいと望む距離(丁育華ほか2009)である。この三つの満足距離を平均すると、1,687mであり、図13では1-2kmまでの範囲が、買い物利便性が高い地域に該当する。買い物利便性は宅地化にも大きく影響するため、ゾーン1からゾー

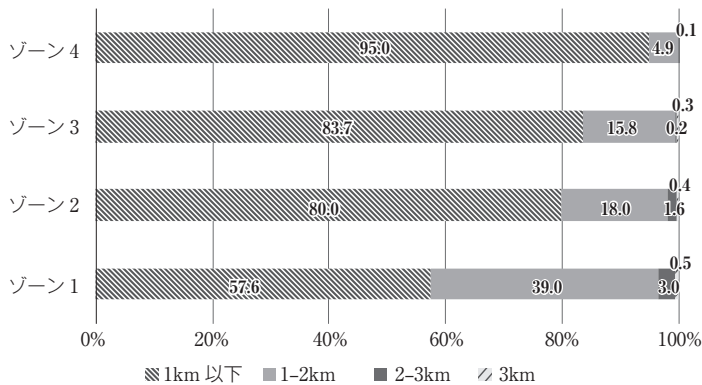


図12 農地減少面積と道路密度の関係

出所：国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ2006年、同2014年、ArcGIS Data Collection 道路網2014 徳島県版。

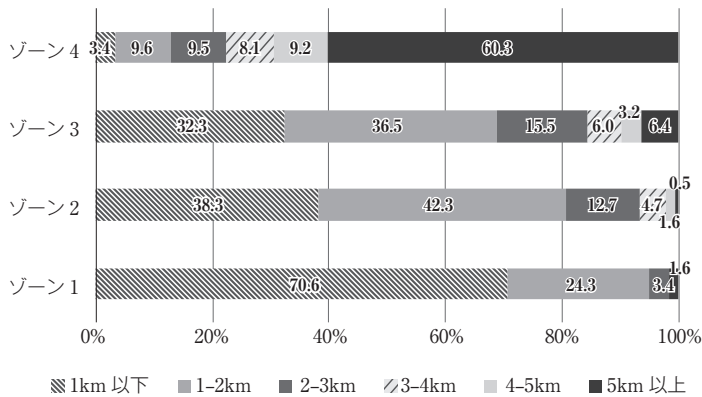


図13 農地減少面積とSMまでの距離の関係

出所：国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ2006年、同2014年、DARMS2016 徳島県版。

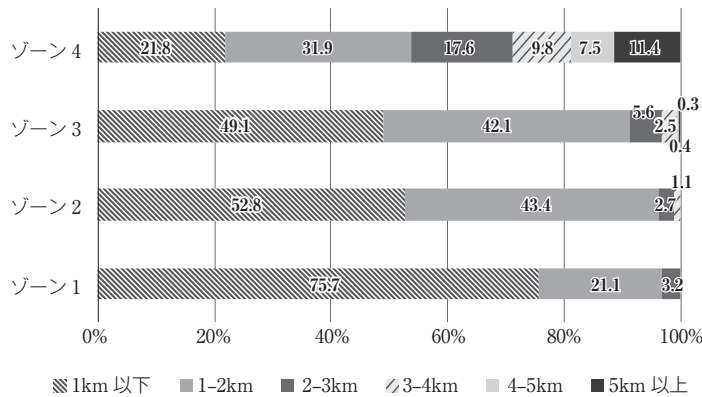


図14 農地減少面積と小学校までの距離の関係

出所：国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ 2006年、同2014年、国土数値情報 学校データ。

ゾーン3の農地減少は、宅地化の影響が大きいと考えられる。ゾーン4は、山間部であるため、SMから2km以下のメッシュで減少した農地は13%しかない。よって、SMの影響は非常に小さい。

図14より、小学校への距離との関係を見ると、SMと同様に、ゾーン4以外では距離が近いほど、農地減少割合が高い。西山悠介ほか(2011)によると、子育て世帯にとって小学校への近接性は、居住地選択の要因の一つにも考えられるため、小学校への距離が近いほど農地減少割合が大きくなる傾向にあると考えられる。小学校配置の目安として、市街化区域は1km、市街化調整区域は4km程度となっている（国土交通省都市局都市計画課 2014）。しかし、市街化調整区域が含まれるゾーン2、ゾーン3では、農地が減少したメッシュの90%以上が、小学校から2km以下の範囲となっている。

4 洪水リスクの評価

4.1 評価の考え方

次に、農地の変化が洪水リスクに与える影響を分析するために、洪水リスクを評価する。国連国際防災計画 (UNISDR) では、災害リスクを災害、曝露、曝露対象の脆弱性で表している (UNISDR 2017)。本研究では、これに曝露対象が存在する土地の特性を加えて、洪水リスクを評価する。

具体的には、ハザードを洪水による浸水域、曝

露対象を世帯、曝露対象の脆弱性を世帯年齢、曝露対象が存在する土地の特性を、土地利用により変化する雨水流出量で表す。評価の空間単位は4次メッシュとする。世帯年齢が高いほど、洪水被害による避難行動や生活再建がそれ以外の世帯に比べると困難になることが予想される。同様に、雨水流出量が大きいくほど、その場所の洪水被害が大きくなると考えられるため、洪水リスクの指標として用いる。

4.2 洪水リスクの評価

洪水浸水域は国土数値情報を、高齢世帯数は2005年、2015年国勢調査の地域メッシュ統計を利用した。洪水浸水域は、洪水防御の基本となる降雨（計画降雨）により氾濫した場合を想定した予測値である。土地利用は2006年（図1）、2014年（図2）のデータを利用した。

メッシュ*i*の雨水流出量 V_i [m³/h] は、次式で計算した。これは合理式（玉井 1999）として広く利用されているものである。

$$V_i = \sum_{j=1}^n A_i^j \cdot f^j \cdot r_i \quad (1)$$

ここで、 A_i^j はメッシュ*i*の土地利用*j*の面積、 f^j は土地利用*j*の流出係数、 r_i は単位時間あたりの平均雨量である。

V_i の計算では、土地利用を、農地、森林（山林）、荒地¹¹⁾、都市的土地利用（建物用地、交通関係用地）、ゴルフ場、その他¹¹⁾に分け、平成16年国土交通省告示第521号の流出係数のうち、最も

表3 用いた流出係数

農地	森林	荒地	都市的土地利用 (建物用地、交通関係用地)	ゴルフ場	その他
0.20	0.30	0.20	0.90	0.50	0.90

近い土地利用のものを当てはめて計算した。表3に用いた流出係数 f^j を示す。農地と荒地は、同告示「林地、耕地、原野その他ローラーその他これに類する建設機械を用いて締め固められていない土地」の流出係数0.20を用いた。森林は、同告示「山地」の流出係数0.30を用いた。都市的土地利用は、同告示「宅地」の流出係数0.90を用いた。ゴルフ場は、同告示「ゴルフ場」の流出係数0.50を用いた。その他は、同告示「法面を有しない飛行場」の流出係数0.90とした。 r_i は、直近10年間で最大の時間雨量である90.5[mm/h](徳島)とし、県内で同一値とした。

次に、洪水リスク評価値を計算する。まず、メッシュ*i*の浸水深 S_i を次式で計算する。

$$S_i = \{V_i(6hr) - Vpady_i\} / land_A_i \quad (2)$$

ここで、 $V_i(6hr)$ はメッシュ*i*に6時間降雨が続いた場合の流出量、 $Vpady_i$ は、水田の体積、 $land_A_i$ は陸域の面積である。水田の体積は水田面積に高さ0.3m(農林水産省農村振興局2012)を掛け合わせて求めた。

水害ハザードマップ作成の手引き(国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室2016年)によると、洪水浸水が0.3m以上になると車での避難が困難になり、0.5m以上になると、車だけでなく歩行による避難にも支障が出る。これを参考に、徒歩による避難の困難性を示す、避難困難度 $Evaq_i$ を、浸水深0.3m以上を1.0、浸水深0.1-0.29mを0.5、それ以外を0.0と設定した。

次に、災害時の被災により再建が困難となる可能性が高い、高齢単身・高齢夫婦世帯率 $Relder_i$ を計算し、次式によりメッシュ*i*の災害リスク評価値 E_i を求めた。なお、4.1節では、曝露対象を世帯、曝露対象の脆弱性を世帯年齢と説明したが、これらを合わせて高齢単身・高齢夫婦世帯率で表した。

$$E_i = Evaq_i * Relder_i \quad (3)$$

4.3 評価結果の考察

図15、図16より、推計した雨水流出量は、都市部の都市的土地利用の地域で大きく、逆に、農地や森林が中心の地域では、小さくなっている。今回は、県内全域で雨量を同一値としたため、この差は土地利用と、それに対応する表3の流出係数に依存する。なお、都市部では雨水ポンプ場により雨水を処理している地域もあるため、ここでの推計値よりも低くなるのが想定される。2時点間の変化を見ると、市街化が進んだ徳島市北部や西部で雨水流出量が増えており、豪雨時の被害が予想される。

次に、洪水リスク評価値を計算し、ゾーンごとに合計し、合わせて2006年の洪水リスク評価値

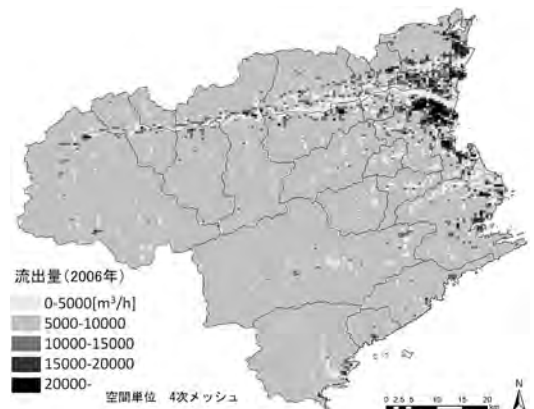


図15 推計した雨水流出量(2006)

出所：国土数値情報 行政区域データ2017年。

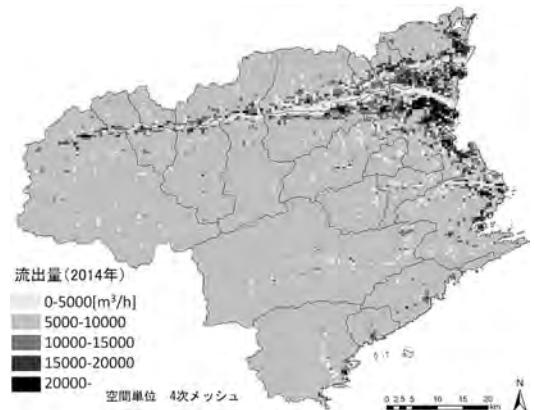


図16 推計した雨水流出量(2014)

出所：国土数値情報 行政区域データ2017年。

表4 2006年の洪水リスク評価値に対する
2014年の変化率

ゾーン	面積 [km ²]	評価値合計 (2006)	評価値合計 (2014)	変化率 [%]
1	111.3	59.0	86.2	46.0
2	419.8	58.3	115.2	97.6
3	429.3	97.1	165.4	70.4
4	3063.5	321.7	359.3	11.7
合計	4023.8	536.1	726.1	35.4

に対する2014年の変化率を集計した(表4)。全てのゾーンで洪水リスク評価値が上昇している。市街地が中心で高齢世帯も多いゾーン1では46.0%増、市街化調整区域が中心のゾーン2は97.6%増、その周辺であるゾーン3は70.4%増となっている。山間部が中心のゾーン4であっても11.7%の洪水リスク評価値が増加している。ゾーン1は市街地が中心であるため、流出量が大きくなる。さらに、人口も集積していることから、洪水リスク評価値は46.0%増となっている。ゾーン2は、市街化調整区域が中心であるが、開発の制約が少ない未線引き都市計画区域(藍住都市計画区域)も含まれており、新規住宅立地が進んでいる(渡辺ほか2016)。そのため、洪水リスクの暴露対象となる高齢世帯数も多く、97.6%の増となっている。ゾーン2の周辺であるゾーン3は、人口集積はないものの、小規模の市街地が点在し、その周辺での農地転用による洪水リスク増と考えられる。

図17、図18に2006年、2014年の洪水リスク評価値を、図19にその差を示す。図17、図18を見ると、洪水リスク評価値は、吉野川沿岸部や山間部で高くなっている。徳島市中心部などの都市部を見ると、雨水流出量は高いものの、洪水リスク評価値はそれほど高くない。2006年から2014年の洪水リスク評価値の差(図19)を見ると、評価値が増加している地域は、吉野川沿岸域、東部の海岸線附近、山間部の国道沿いが多い。今回用いた手法では、雨水流出量が大い地域であっても、浸水深が大きく、高齢単身、高齢夫婦世帯が多い地域でなければ、洪水リスク評価値は高くない。雨水流出量は土地利用の変化に左右されるため、図17、図18、図19を見ると、洪水リスク

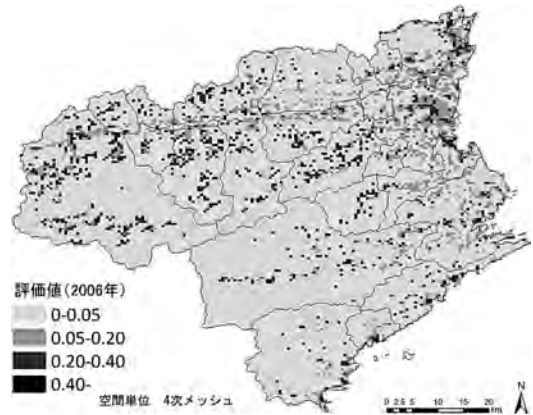


図17 推計した災害リスク評価値(2006)

出所: 国土数値情報 行政区域データ2017年。

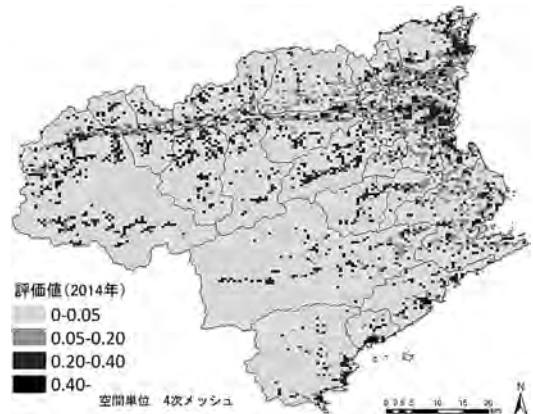


図18 推計した災害リスク評価値(2014)

出所: 国土数値情報 行政区域データ2017年。

評価値は、農地が減少しており、かつ、浸水深が大きく高齢世帯も多い、徳島市およびその近郊の周辺部(ゾーン2)付近で高くなっている。本研究では農地に着目し、その変化が洪水リスクにどのように影響するかを評価しているが、リスク評価を行っているため、暴露量も評価値に影響する。農地のGIとしての機能を防災に活用する場合は、避難に支障がある高齢単身・高齢夫婦世帯が多い地域で優先的に行うことにも配慮すべきである。

図19に洪水浸水域(国土数値情報)を重ね合わせた結果を図20に示す。図20によると、洪水リスク評価値が増加した地域の中で、ゾーン2や、ゾーン3の吉野川中下流域付近では、洪水浸水域と合致している。ゾーン2付近では、新規住宅立地が進んでいること(渡辺ほか2016)に加

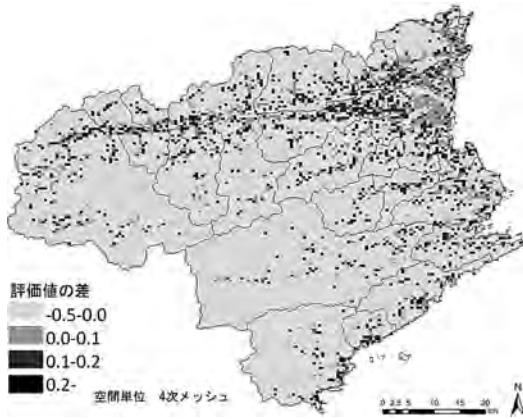


図19 2014年と2006年の災害リスク評価値の差
出所：国土数値情報 行政区域データ 2017年。

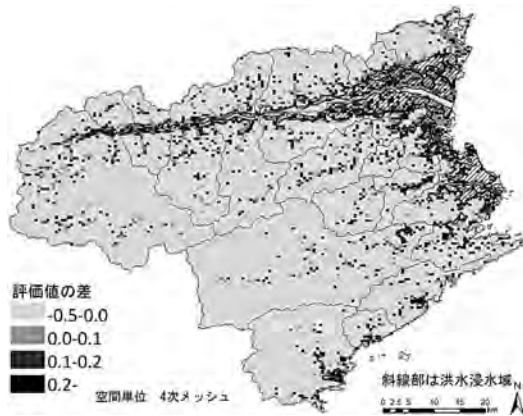


図20 2014年と2006年の災害リスク評価値の差と洪水浸水域

出所：国土数値情報 洪水浸水想定区域データ 2012年、行政区域データ 2017年。

え、吉野川中下流域は、以前より洪水が多い地域でもある（国土交通省四国地方整備局徳島河川国道事務所 2020）。近年では、河川堤防整備も進んでおり、安全性も高くなっているが、今後起こりうる大規模災害への備えを考えると、河川堤防や雨水ポンプ場といった、ハード面の整備に加え、今後も居住が継続する地域やその周辺部では、農地の減少を抑え、農地のGIとしての機能を維持することで、防災への備えとすることが求められる。清水裕太ほか（2016）は、流域別に、農地が耕作放棄された場合のシミュレーションを行い、その結果から、農地が耕作放棄された場合には最大流量が増加し、土壌浸食と窒素、リンの流出も発生することを示している。農地を防災GIとし

て利用するには、耕作放棄地化を防止し、農地として継続して利用できるような農業政策、土地利用政策も重要である。

5 まとめ

以上、本研究では徳島県を対象に、国土数値情報で公開されている土地利用データで把握できるレベルの農地の減少傾向と、農地変化が洪水リスクに与える影響を分析した。

その結果、全国的に農地、農家が減少する中で、徳島県でも同様の傾向が示された。県内を四つのゾーンに分けて農地変化傾向を分析したところ、市街化調整区域が含まれる都市周辺部、農業が中心の平地部では農地がまとまって減少しており、中山間地域では小規模かつ分散的な農地減少が見られた。

さらに、農地が減少する要因を人的要因、環境的要因、都市的要因に分けてクロス集計したところ、開発圧力が少ない地方都市でも、農林業従事者数が減少するほど農地も減少すること、地形的条件から平地部の方が、農地減少面積が大きいこと、市街化調整区域の市街化を促進させる要因ともなり得る道路密度が、1km以下、1-2kmのメッシュで、農地減少が進んでいることが分かった。ゾーン1からゾーン3では、買い物利便性が高いとされるSMからの距離2km以下のメッシュで農地減少が進んでいた。これは買い物利便性に関連する宅地化によると考えられる。小学校からの距離は、小学校配置距離である1km（市街化区域）と4km（市街化調整区域）に近い2km以下の範囲で、大半の農地減少が進んでいた。

最後に、洪水リスク評価値を推計したところ、全てのゾーンで洪水リスク評価値が上昇し、特に、ゾーン2は97.6%増、その周辺であるゾーン3は70.4%増と大きな割合であった。ゾーン2は、市街化調整区域が中心であるが、未線引き都市計画区域も含まれており、新規開発が多いこと、そして暴露対象となる高齢世帯数も多いことが原因と考えられる。ゾーン3は、小規模の市街地周辺での農地転用による洪水リスク増と考えられる。洪水リスク評価結果と洪水浸水域を重ね合

わせたところ、ゾーン2や、ゾーン3の吉野川中下流域付近では、洪水リスク評価が増加したメッシュと、洪水浸水域と合致していた。今後起こりうる大規模災害への備えを考えると、今後も居住が継続する地域やその周辺部では、農地を適切に維持管理することで、防災GIとしての機能を活用することが求められる。

2015年に策定された第2次国土形成計画¹²⁾では、防災関連の課題への対応の一つとして、GIの取り組みを推進することが盛り込まれた。さらに、1.1.2で示したように、これを活用したEco-DRRも国内外で進められている。徳島県でも、2018年に「生物多様性とくしま戦略」¹³⁾が改訂され、生態系の保全、回復、持続可能な活用を進める中で、Eco-DRRの推進が示されている。このように、日本全体だけでなく、徳島県のような地方でも、GIの活用やEco-DRRが注目され、さまざまな形で実装が進んでいる。

徳島県では、図6に示すように、徳島市周辺部の徳島東部都市計画区域でしか、区域区分が指定されていない。さらに、市街化調整区域の開発規制が他地域よりも緩い傾向にある（渡辺ほか2016）。そのため、県全体では人口減少傾向にあるものの、分散的な市街地が郊外に広がる流れはいまだに続いている。徳島県で最も人口が集積している徳島市周辺部は、吉野川を始め河川が多く存在する。そのため、平地部はどうしても洪水浸水域と重複する地域が多い。古来より、そういった地域でまちが広がってきたため、吉野川を始め河川整備は積極的に行われてきた（国土交通省四国地方整備局徳島河川国道事務所2020）。しかし、昨今の豪雨災害、そして、少子高齢化の中で社会を維持していくためには、構造物のインフラに加え、GIとしての土地利用で災害に対応する視点も必要である¹⁴⁾。そのためには、洪水リスクを踏まえた土地利用計画の策定と、その実現に向けた制度づくりが必要である。徳島県は、都市計画区域外が多く、都市計画による対応に限界がある。そのため、開発圧力が継続し、かつ人口集積が続くような地域は区域区分によるコントロールを行い、それ以外の地域では優良農地指定など農業政策や、森林地域指定など森林政策など、都市計画以外の政策も組み合わせることで、

地域全体でGIを維持し、防災にも活用できる素地を整えておくことが必要である。

謝辞

本研究は、環境研究総合推進費4-1805、JSPS科研費17K06707、同20K04868の成果の一部である。関係各位に感謝の意を表する。

注

- 1) 本稿は著者が2018年11月に明海大学で行われた、資産評価政策学会2018年度研究大会において報告した論文（渡辺ほか2018）をもとに、新たな視点で再構成したものである。
- 2) 以前耕作していた土地で、過去1年以上作物を作付けせず、この数年の間に再び作付けする意思のない土地をいう。
- 3) 現に耕作に供されておらず、耕作の放棄により荒廃し、通常の農作業では作物の栽培が客観的に不可能となっている農地をいう。
- 4) 国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所2019年10月4日記者発表資料より。
- 5) 農林水産省災害復旧事業（2020年7月21日取得、https://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_hukkyuu/）。
- 6) 区域区分とは、都市計画区域を市街化区域、市街化調整区域に分けることを指し、都市計画法で規定されている。
- 7) 未線引き都市計画区域とは、市街化区域、市街化調整区域の指定がなされていない都市計画区域を指す。
- 8) 用途地域とは、建築物の用途と規模を規定する地域で、市街化区域内もしくは、都市計画区域内で指定される。
- 9) 福岡市の開発許可基準「都市計画法による開発許可制度と開発許可申請の手引き（令和2年4月改訂版）」（福岡市住宅都市局2020）では、標高80m以上の地域が保全対象となっており、この基準を参考にしきい値を決定した（2020年7月21日取得、https://www.city.fukuoka.lg.jp/data/open/cnt/3/1860/1/r2nd_kaihatsutebiki.pdf?20200519153117）。
- 10) 徳島県「開発許可の手引き」（県土整備部 都市計画課 まちづくり・事前復興担当2020）で示されている。（2020年7月21日取得、<https://www.pref.tokushima.lg.jp/file/attachment/552306.pdf>）
- 11) 国土数値情報ダウンロードサイトによると「荒地」は、「しの地・荒地・がけ・岩・万年雪・湿地・採鉱地等で旧土地利用データが荒地であるところとする。」「その他」は、「運動競技場、空港、競馬場・野球場・学校港湾地区・人工造成地の空地等とする。」と定義されている。
- 12) 国土交通省国土政策局「第二次国土形成計画」（2020

- 年7月21日取得, https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudokeikaku_fr3_000003.html。
- 13) 徳島県危機管理部門環境首都課「生物多様性とくしま戦略」(2020年7月21日取得, <https://www.pref.tokushima.lg.jp/ippannokata/kurashi/shizen/5022802/>)。
- 14) 国土交通省総合政策局環境政策課「グリーンインフラストラクチャー 人と自然環境のより良い関係を目指して」(2020年7月21日取得, <https://www.mlit.go.jp/common/001179745.pdf>)。
- ### 参考文献
- 荒金恵太・西村亮彦・舟久保敏, 2017, 「緑の基本計画における防災機能の位置づけに関する考察」『ランドスケープ研究』80(5): 673-676, (2020年7月21日取得, <https://doi.org/10.5632/jila.80.673>)。
- 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』74(636): 417-422, (2020年7月21日取得, <https://doi.org/10.3130/aija.74.417>)。
- グリーンインフラ研究会, 2017, 「グリーンインフラとは」『決定版! グリーンインフラ』日経BP社。
- 橋本禪, 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。
- 服部俊宏・山路永司, 1995, 「都市近郊の耕作放棄地の地域分布とその発生要因」『農業土木学会論文集』178: 513-520, (2020年7月21日取得, <https://doi.org/10.11408/jsidre1965.1995.513>)。
- 稲葉佳之・巖 網林, 2009, 「都市近郊における農地の粗放化の空間分布と時系列的変化の解明」『都市計画論文集』44(3): 55-60, (2020年7月21日取得, <https://doi.org/10.11361/journalcpj.44.3.55>)。
- 環境省自然環境局, 2016, 「生態系を活用した防災・減災に関する考え方」(2020年7月21日取得, <http://www.env.go.jp/nature/biodic/eco-drr/pamph01.pdf>)。
- 熊本県・熊本市・菊池市・宇土市・合志市・城南町・富合町・植木町・大津町・菊陽町・西原村・御船町・嘉島町・益城町・甲佐町, 2008, 「熊本地域地下水総合保全管理計画」(2020年7月21日取得, https://www.pref.kumamoto.jp/common/UploadFileOutput.aspx?c_id=3&id=574&sub_id=1&fid=1&dan_id=1)。
- 栗田英治・土屋一彬・菊池義浩, 2016, 「津波浸水域の土地利用履歴にもとづく土地活用の方向性——宮城県山元町花釜地区を事例に」『農村計画学会誌』35: 161-166, (2020年7月21日取得, <https://doi.org/10.2750/arp.35.161>)。
- 国土交通省都市局都市計画課, 2014, 『都市構造の評価に関するハンドブック』(2020年7月21日取得, <https://www.mlit.go.jp/common/001104012.pdf>)。
- 国土交通省土地・建設産業局企画課, 2020, 「土地基本法の改正について」『土地総合研究 2020年冬号』: 44-53, (2020年7月21日取得, http://www lij.jp/html/jli/jli_2020/2020winter_p044.pdf)。
- 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室, 2016, 『水害ハザードマップ作成の手引き』(2020年7月21日取得, https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/saigai/tisiki/hazardmap/suigai_hazardmap_tebiki_201604.pdf)。
- 国土交通省四国地方整備局徳島河川国道事務所, 2020年, 『吉野川資料館』(2020年7月21日取得, http://www.skr.mlit.go.jp/tokushima/river/river_index.html)。
- 松本敬司・福岡捷二・須見徹太郎, 2013, 「利根川河道沿い三調節池群の洪水調節量の算定」『土木学会論文集 B1(水工学)』69(4): I_793-I_798, (2020年7月21日取得, https://doi.org/10.2208/jscejhe.69.I_793)。
- 松中亮治・大庭哲治・中川大・森倉遼太, 2018, 「全国における土地利用及び土地利用規制と災害リスクとの関連性に関する経年分析」『都市計画論文集』53(1): 19-26, (2020年7月21日取得, <https://doi.org/10.11361/journalcpj.53.19>)。
- 農林水産省生産流通消費統計課, 2018, 『平成30(2018)年度耕地及び作付面積統計』(2020年7月21日取得, <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/index.html>)。
- 農林水産省大臣官房統計部経営・構造統計課センサス統計室, 2015, 『2015年度農林業センサス』(2020年7月21日取得, <https://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc2015/280624.html>)。
- 農林水産省農村振興局農村政策部地域振興課日本型直接支払室, 2020, 『荒廃農地の現状と対策について』(2020年7月21日取得, https://www.maff.go.jp/j/nousin/tikei/houkiti/Genzyo/PDF/Genzyo_0204.pdf)。
- 農林水産省農村振興局, 2012, 『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)』(2020年7月21日取得, https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/nousin/bukai/h24_4/pdf/ref-data2-1.pdf)。
- 西山悠介・中谷隼・栗栖聖・荒巻俊也・花木啓祐, 2011, 「居住地属性の住民選好に基づく類型化による居住地選択行動の解析」『土木学会論文集 G(環境)』67(6): II_1-II_10, (2020年7月21日取得, https://doi.org/10.2208/jscejg.67.II_1)。
- 大野裕司・齋藤誠二・岸井隆幸, 2000, 「線引き制度導入以降の都市成長形態と都市施設整備の関連に関する研究」『土木計画学研究・論文集』17: 281-286, (2020年7月21日取得, <https://doi.org/10.2208/journalip.17.281>)。
- 清水裕太・松森堅治・小野寺真一, 2016, 「耕作放棄地が卓越する中山間地流域からの水・土砂流出量の推定」『日本土壌肥科学会講演要旨集』62:P1-1-5(ポスター), (2020年7月21日取得, https://doi.org/10.20710/dohikouen.62.0_8_2)。
- 玉井 信行, 1999, 『大土土木 河川工学』オーム社。
- 豊田哲也・田中耕市・平井松午・萩原八郎, 2006, 「藍住

- 町におけるニンジンの特産地形成と都市化の進展』『阿波学会紀要』52:175-188, (2020年7月21日取得, https://library.tokushima-ec.ed.jp/digital/webkiyou/52/175_188.pdf).
- 牛島朗・中園真人, 2017, 「中山間地域の小規模集落における営農環境の変化と棚田保全-山口県下関市奥野集落の事例研究-」『日本建築学会技術報告集』23(55):979-984, (2020年7月21日取得, <https://doi.org/10.3130/aijt.23.979>).
- UNISDR, 2009, “2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction.” (2020年7月21日取得, https://www.preventionweb.net/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf).
- 渡辺公次郎・石田和之, 2018, 「徳島県における農地の変化と災害リスクへの影響に関する研究」『資産評価政策学会2018年度研究大会発表論文集』38-43.
- 渡辺公次郎・近藤光男, 2016, 「徳島都市圏における津波危険性を考慮した住宅立地傾向の分析」『日本建築学会計画系論文集』81(730):2713-2721, (2020年7月21日取得, <https://doi.org/10.3130/aija.81.2713>).
- 吉川夏樹・有田博之・三沢真一・宮津進, 2011, 「田んぼの公益的機能の評価と技術的可能性」『水文・水資源学会誌』24(5):271-279, (2020年7月21日取得, <https://doi.org/10.3178/jshwr.24.271>).
- Yoshikawa, N, Nagao, N, and Misawa, S, 2010, “Evaluation of the flood mitigation effect of a Paddy Field Dam project,” *Agricultural Water Management*, 97: 259-270, (2020年7月21日取得, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.09.017>).

Farmland Changes in Tokushima Prefecture and Their Impact on Disaster Risk

Kojiro Watanabe and Kazuyuki Ishida

Abstract:

The purpose of the paper is to evaluate the disaster risk caused by the changes in farmland as a key part of the green infrastructure and its impact on disaster risk in Tokushima prefecture. We evaluated the risk using two factors: one is evacuation level based on volume of surface runoff (calculated according to land characteristics), and the other is the number of elderly households. From the analysis, high disaster risk areas were observed in the suburban periphery of the city of Tokushima and the small and widely dispersed farmland in the mountains. The high disaster area overlapped with the flood-prone area in the middle and lower sections of the Yoshinogawa river watershed. Therefore, maintenance of the farmland in these areas is important to mitigation of flooding that can increase disaster risk.

Keywords:

green infrastructure, land use, flood risk, disaster mitigation