

Eco-DRR推進のための災害想定区域の 土地利用の推移過程分析 —国土全体を対象として—

吉田 護¹・田中 咲²・太田貴大³・神谷大介⁴

¹正会員 長崎大学准教授 総合生産科学域環境科学系 (〒852-8521 長崎市文教町1-14)
E-mail: yoshida-m@nagasaki-u.ac.jp (Corresponding Author)

²非会員 長崎大学 環境科学部 (〒852-8521 長崎市文教町1-14)
E-mail: bb40119064@ms.nagasaki-u.ac.jp

³非会員 大阪大学准教授 人間科学研究科共生学系 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘1-2)
E-mail: ota.hus@osaka-u.ac.jp

⁴正会員 琉球大学准教授 工学部工学科 (〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1)
E-mail: d-kamiya@tec.u-ryukyuu.ac.jp

本研究では、国土に占める災害想定区域（洪水浸水想定区域、土砂災害警戒区域、津波浸水想定区域）における土地利用の推移過程の特徴を1976年から2016年の土地利用細分メッシュデータを用いて明らかにした。結果として、災害想定区域では、建物用地が国土全体まではいかないまでも増加傾向にある一方で、「田」は国土全体と同水準で減少傾向にあったことが明らかとなった。また、自然的土地利用から「建物」用地への推移過程については、洪水浸水想定区域では「田」からの推移、土砂災害警戒区域では「田」と「森林」からの推移、津波浸水想定区域では「田」や「畑」からの推移が主であり、ハザードに応じた土地利用計画の必要性が示唆された。

Key Words : *Eco-DRR, land use planning, flood inundation risk area, sediment-related disaster risk area, tsunami inundation risk area, time transfer*

1. はじめに

自然災害による被害軽減のため、これまで堤防や防波堤・防潮堤、砂防などの社会基盤整備がなされてきた。こうした人工構造物はグレーインフラ (gray infrastructure) と呼ばれ、洪水や津波、高潮、がけ崩れや土石流等の発生による被害の軽減に大きく寄与してきた。例えば、1960年代と比較して2000年代の水害による浸水面積は確実に減少しており¹⁾、これは堤防や河道掘削等の河川事業を長年実施してきた成果といえる。一方で、堤防では計画高水位、海岸保全施設では設計津波水位といったように、グレーインフラにはその機能が発揮される外力に上限がある。仮に実際に生じた外力がその上限を上回れば、グレーインフラストラクチャは十分機能しない。東北地方太平洋沖地震の津波による防潮堤の崩壊や令和元年台風第19号の際の多くの河川堤防の決壊は、この顕著

な事例に他ならない。

こうしたグレーインフラの限界に対して、本研究では災害想定区域内の土地利用の推移過程を明らかにし、Eco-DRR (Ecosystem-based Disaster Risk Reduction) に資する土地利用施策への示唆を得ることを目的とする。具体的には、1976年から2016年の土地利用細分メッシュデータを用いて、洪水浸水想定区域、土砂災害警戒区域、津波浸水想定区域内の土地利用の推移過程の特徴を、国土全体の土地利用と比較することを通じて定量的に明らかにする。災害想定区域内の土地利用は既存のグレーインフラを踏まえたハイブリッドインフラ (hybrid infrastructure) と捉えられる。災害想定区域内の土地利用の推移過程の特徴を明示化することにより、その特徴を踏まえたEco-DRRに資する土地利用施策を検討することが可能となる。

2. 本研究の基本的枠組み

(1) Eco-DRRとは

災害リスクはハザード (hazard)、暴露 (exposure)、脆弱性 (vulnerability) の関係性から決定され²⁾、Eco-DRR については「持続可能かつレジリエンスのある (対応力・回復力のある) 開発を目指して、生態系の持続的管理や保全、回復を通じて災害リスクを減少させること」と定義される³⁾。その上で、本稿ではEco-DRRの手法を、生態系を活用した、a) ハザードの脅威の低減、b) 暴露のハザードからの回避、c) ハザードに対する暴露の脆弱性の低減、に大別し、これらの視点からEco-DRRに資する土地利用施策を検討する。

グレーインフラに対してしばしばグリーンインフラ (green infrastructure) という用語が用いられる。Eco-DRR は、グリーンインフラに期待される機能⁴⁾の中で防災・減災機能に焦点が当てられた概念として捉えることができる。Eco-DRRという用語が使われない場合もあり、自然を活用とした解決策 (Nature-based Solution) や自然との共生 (Working with Natures)、ハザード軽減のためのグリーンインフラ (Green/Natural Infrastructures for Hazard Mitigation) などといった用語で説明される場合も多い⁴⁾。Eco-DRRが世界的に注目されたきっかけは2004年12月に発生したスマトラ沖地震の際に、マングローブ林等の植生が津波被害を軽減させたとする調査報告⁵⁾によるが、Eco-DRRに資する取り組みは決して新しいものではない。伝統的な治水工法である霞堤や越流堤、津波防潮林の造成などは国内では古くから実施されてきたEco-DRRと捉えられ、また田んぼダムや斜面地の植生化など近年積極的に政策展開されているEco-DRRもある。

(2) ハイブリッドインフラとしての災害想定区域内の土地利用

日本のようなグレーインフラの整備が一定以上進んでいる国では、短期的にはグレーインフラの整備状況を所与としてグリーンインフラの整備を検討し、長期的には既存の生態系を所与として、グリーンインフラ及びグレーインフラの整備水準を検討することが望ましいと考えられる。グレーインフラとグリーンインフラを組み合わせた社会基盤整備手法はハイブリッドインフラと呼ばれる。ハイブリッドインフラはグリーンインフラの一つ手法として位置づけられる場合もある。その上で、本研究で着目する災害想定区域内の土地利用は、既存のグレーインフラの整備状況を前提としたグリーンインフラとして位置づけることが出来る⁶⁾。例えば、2015年に水防法が改正され、想定最大規模の降雨を想定した洪水浸水想定区域の作成、公開が義務付けられたが、これは、計画

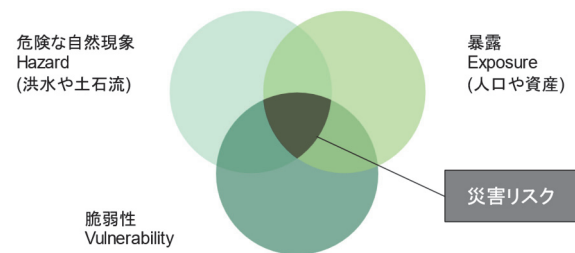


図-1 災害リスクを構成する3つの要素 (ADRC(2005)²⁾に基づいて筆者作成)

規模の降雨 (河川整備の基本となる降雨) と異なり、グレーインフラによる防災機能が期待できない降雨時の浸水想定区域を示している。また、土砂災害防止法による土砂災害警戒区域の指定制度には、土砂災害が発生するおそれのある危険箇所を対策工事により安全な状態にしていくには膨大な時間と費用がかかることから、住民の生命や身体を守るため、警戒避難体制の整備や危険箇所への新規住宅等の立地抑制等を充実させていくとする背景がある。また、津波浸水想定区域は、最大クラスの津波 (L2津波) があつた場合に想定される浸水区域を表す。比較的発生頻度の高い津波 (L1津波) は、堤防整備等の目安となる「設計津波の水位」の設定に利用され、最大クラスの津波 (L2津波) とは区別される。最大クラスの津波の浸水想定は、「減災」の考え方に基づき、ハザードマップの整備や避難路の確保など、避難することを中心とするソフト対策を実施していくことが求められている。

このように本研究で分析対象とする洪水浸水想定区域 (想定最大規模)、土砂災害警戒区域、津波浸水想定区域はグレーインフラによる防災機能の限界を踏まえた潜在的にハザードの脅威が想定される区域を表す。すなわち、災害想定区域内の土地利用施策は、既存のグレーインフラを所与としたハイブリッドインフラ施策として位置づけられる。

(3) 土地利用によるハザード軽減機能

Eco-DRRに資する土地利用について、a) ハザードの脅威の低減の観点から、既存研究を整理する。ハザードの脅威の低減に資する土地の機能を土地利用の種類毎にまとめたものを表2-1に示す。

森林が持つハザードの脅威の低減機能について、表層崩壊の防止機能があることが指摘されている。これは土壌下方に伸びる鉛直根とともに、土壌層に面的に広がる水平根の働きにより、土壌自体が崩壊しないように働くことによる⁹⁾。ただし、樹木の根系が深く広く発達している森林である必要があり、その機能の評価法については明確に確立されていない¹⁰⁾。その機能性は、樹木の

表 2-1 土地利用によるハザードの脅威の低減機能

ハザード の種類	土地利用の種類		
	森林	水田	農地 (水田除く)
斜面崩壊 ・土石流	表層崩壊防止 緩衝帯	土砂崩壊防止 土壌侵食防止	
洪水	流出緩和 緩衝帯	貯水 土壌侵食防止	貯水
津波	緩衝帯		

参考文献⁷⁻¹⁶⁾に基づいて筆者作成

種類や立木密度、地形条件だけでなく、降雨条件（降雨強度、降雨量）にも依存する。そのため、森林による表層崩壊防止機能は不確実性を伴うのも事実である。また、斜面崩壊や土石流の発生下部に森林があるとき、それらの流下エネルギーを減衰させ、被害を受ける範囲は狭まり、被害の程度も軽減される。こうした緩衝帯機能に対して、樹木の根が浅い場合や風害により樹木が倒壊している場合、斜面崩壊が生じた地上面上の樹木と相まって、流木災害をもたらすことがある。これらの挙動は極めて複雑とされるが、場合によっては森林が斜面崩壊や土石流といったハザードの強度を増加させる場合があることも留意しておく必要がある。続いて、森林には洪水や津波エネルギー減衰を減少させる緩衝帯機能がある、これは水害防護林や津波防護林として国内では古くから知られている。ただし、洪水や津波のエネルギーが大きすぎる場合や樹木の根が浅い場合などはその緩衝帯機能は期待できない。また立地密度によってもその機能が異なることも指摘されている。最後に、森林による洪水緩和機能について、これは森林土壌が一時的に雨水を留め、河川水位を時間的に平準化、ピーク流量を緩和する働きによる。ただし、大雨が続くなど土壌が飽和状態になると雨水はそのまま河川に流れ込むため、洪水緩和機能は期待できない¹¹⁾。以上、森林による防災・減災機能を概説したが、ハザードの強度によってはその機能を失うこと、またその機能には不確実性を伴うことは土地利用施策を検討する上でも留意が必要となる。

続いて、農地が持つ貯水機能^{12,13)}について、土壌の雨水貯留機能によって河川流量を平準化、ピーク流量を減少させることが期待される。これは先の森林も含め、自然的土地利用がもつ共通の特徴である。また、水田は、排水溝などに器具を設置し、水田の貯水機能の強化を図ることができる。「田んぼダム」と言われるこの取り組みは、現在、積極的に政策展開されているEco-DRR施策といえる^{14,15)}。ただし、水田の貯水機能にも上限があり、一定の降雨量を超えれば、溢水が発生、水田の貯水機能は期待できない。また、水田が洪水緩和に寄与するかは、

水田の集積性や空間分布、流域の特徴にも依存する。一般的には、中流域の平野部に十分な水田面積が無ければ、下流域の洪水緩和機能は期待できない。また、棚田などの斜面地の水田には先の貯水機能だけでなく、土砂崩壊防止機能や土壌侵食防止機能があることが指摘されている。棚田の土砂崩壊防止機能は、棚田での生産活動を通じた日々の手入れによって斜面崩壊を未然に防いでいるとされる。また、土壌侵食防止機能については、管理された棚田は、耕作放棄された棚田より土壌侵食防止機能が高いことが示されている¹⁶⁾。浸食された土壌は、河川に堆積し、河川の流下能力を低下させ、長期的に洪水を発生させやすくする。

以上、森林と農地に関するハザードの脅威の軽減機能についてまとめた。森林や農地がハザードの脅威の軽減に寄与することを示す研究は世界中で展開されており、防災・減災機能が備わっていることは間違いない。一方で、その機能性は種々の条件、状況に依存しており、不確実性を伴うことも事実である。本研究で行う土地利用分析から、こうした機能性や不確実性を評価することは出来ないが、Eco-DRRに資する土地利用施策を検討する際には留意が必要となる。また、森林と農地以外にも、湖沼、湿地、干潟、藻場、草原などは貯水機能などの防災・減災機能を備わっていることが指摘されている。本研究では国土全体を分析対象としているため、面積比の観点から焦点を当てていないが、こうした自然的土地利用もEco-DRRに資する土地利用施策を検討する上で必要な土地利用であることは申し添えておきたい。

(4) 本研究の目的

Eco-DRRに資する土地利用という観点から既存研究は幅広く見られるが、本稿と同じ土地利用細分メッシュデータを用いた研究は多くはない。その中で、例えば、Osawaらは、水害統計調査データも用いて、湿地だった場所に水田があると、洪水の発生が抑制されていたことを示している¹⁷⁾。また、Katoらは安曇川流域を対象として、土地利用の推移を種々の指標を用いて評価、下流域の洪水リスク軽減のための土地利用管理への提言を行っている¹⁸⁾。松中らは全国を対象として、土地利用区分や都市計画区分と災害曝露人口の関係性の時間的推移を明らかにしている¹⁹⁾。これらの知見はEco-DRRに資する土地利用施策の検討に寄与するものである。ただし、ハイブリッドインフラとしての土地利用施策という視点からの分析ではない。また、土地利用の推移過程については、人口動態と土地利用の関係性を明らかにした研究^{20,21)}や将来の土地利用予測を行っている研究²²⁾があるが、これらは災害リスクの軽減の観点から分析を行ったものではない。

先に述べた通り、洪水浸水想定区域（想定最大規模）や土砂災害警戒区域、津波浸水想定区域は、グレーインフラでは防ぐことができない、ハザードの脅威が顕在化する区域である。グレーインフラと土地利用の一体整備の必要性、重要性は今後より一層重視されるべき検討課題である。こうした問題意識から、本研究では災害想定区域（洪水浸水想定区域、土砂災害警戒区域、津波浸水想定区域）を対象に、既存研究で実施されている分析手順を参考としながら、過去の土地利用の推移過程を明らかにする。

3. 災害想定区域内の土地利用の推移過程

(1) 分析データの概要と土地利用区分の整理

本研究の実施にあたって、土地利用については国土数値情報ダウンロードサービスに公開されている土地利用細分メッシュデータ（100m）を既存研究を参考として表3-1に示すように分類、それぞれ「田」、「畑」、「森林」、「建物」、「その他」、「水域」とした。対象区域は国土全体であるが、1976年から2016年までの8期の土地利用細分メッシュデータが揃っている区域を対象とした。また、災害想定区域内の土地利用判定について、2022年10月1日時点で国土数値情報ダウンロードサービスに公開されていた、洪水浸水想定区域（計画規模）、土砂災害警戒区域（土砂災害特別警戒区域含む）、津波浸水想定区域のシェープデータと重なりのある土地利用細分メッシュデータを災害想定区域内の土地利用とした。なお、既存研究でも言及があるように、年次によって画像データの取得方法（人工衛星など）や土地利用の判別方法が異なるため、一貫性のある時系列データとは言えない。その点は公開データを用いることの限界であるが、災害想定区域内の土地利用の推移過程に関する傾向を把握する上では特に問題がないものと判断している。

(2) 災害想定区域内の土地利用の時間的推移

a) 国土全体の土地利用構成の推移

はじめに国土全体の土地利用の構成比の推移を図3-1に示す。また、1976年と2016年の各土地利用のメッシュ数及び2016年の1976年度比を表3-2にまとめている。国土全体に占める「田」の割合は0.76倍となっており、大きな減少傾向が確認される。また、「畑」や「森林」の割合に大きな変化は見られない。一方で、「建物」用地は1.85倍となっており、大きな増加傾向が確認される。総人口のピークは2008年であり、人口増加に伴う都市化への圧力が「建物」ニーズを高めた一方で、「田」が大幅に減少した理由は、米の消費量の減少、減反政策、稲

表 3-1 年次別の土地利用種区分対応表

年次 土地利用	1976	1987	1991 1997 2006	2009 2014 2016
田	田	田	田	田
畑	畑, 果樹園, その他の 樹木畑	畑, 果樹園, その他の 樹木畑	その他の 農用地	その他の 農用地
森林	森林	森林	森林	森林
荒地	荒地	荒地	荒地	荒地
建物	建物用地 A, B	建物用地	建物用地	建物用地
その他	幹線交通用 地, その他 の用地(ゴル フ場合)	幹線交通用 地, その他 の用地(ゴル フ場合)	幹線交通用 地, その他 の用地, ゴ ルフ場	道路, 鉄道, その他の用 地, ゴルフ場
水域	湖沼, 河川地 A, B 海浜, 海水域	内水地, 海浜, 海水域	河川地及び 湖沼, 海浜, 海水域	河川地及び 湖沼, 海浜, 海水域

表 3-2 国土全体の土地利用構成及び土地利用種別の年度比（1976-2016年）

土地利用	1976年	2016年	年度比 (1976基準)
田	4,011,167 (11.0)	3,066,625 (8.4)	0.76
畑	2,973,885 (8.1)	2,894,291 (7.9)	0.97
森林	25,017,227 (68.4)	25,551,254 (69.9)	1.02
荒地	1,592,071 (4.4)	742,619 (2.0)	0.47
建物	1,350,436 (3.7)	2,497,899 (6.8)	1.85
その他	585,454 (1.6)	837,250 (2.3)	1.43
水域	1,049,120 (2.9)	989,422 (2.7)	0.94
計	36,579,360 (100.0)	36,579,360 (100.0)	-

数値はメッシュ数、()内は各年度の土地利用の構成割合を示す

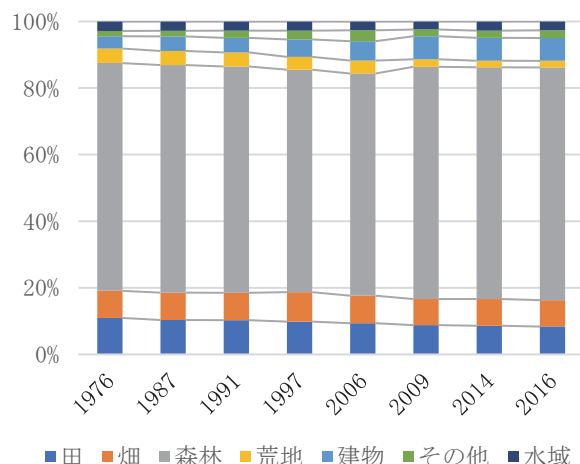


図 3-1 国土全体の土地利用の構成割合の推移

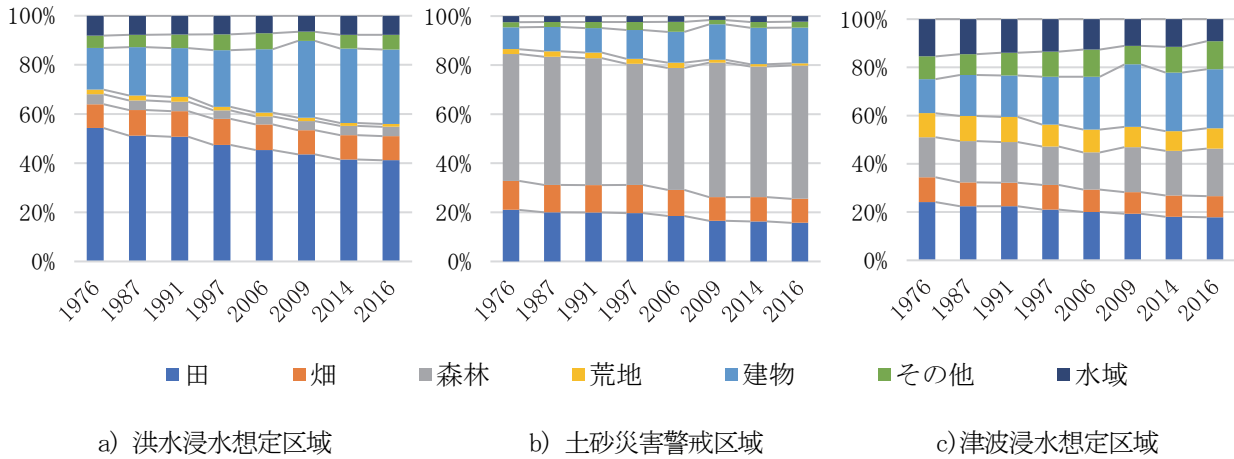


図 3-4 災害想定区域区域内の土地利用の構成割合の推移

表 3-3 1976 年及び 2016 年の災害想定区域内の土地利用構成

土地利用	洪水浸水想定区域		土砂災害警戒区域		津波浸水想定区域	
	1976	2016	1976	2016	1976	2016
田	1,291,142 (54.3)	979,794 (41.2)	634,512 (21.0)	474,551 (15.7)	184,308 (24.2)	136,275 (17.9)
畑	230,473 (9.7)	233,077 (9.8)	355,513 (11.8)	295,811 (9.8)	78,431 (10.3)	66,771 (8.8)
森林	96,779 (4.1)	91,322 (3.8)	1,562,176 (51.7)	1,640,107 (3.8)	126,630 (16.6)	150,196 (19.7)
荒地	44,762 (1.9)	26,974 (1.1)	60,269 (2.0)	27,827 (1.1)	76,080 (10.0)	64,384 (8.4)
建物	403,989 (17.0)	719,275 (30.2)	268,576 (8.9)	438,251 (30.2)	107,788 (14.1)	186,651 (24.5)
その他	119,077 (5.0)	143,619 (6.0)	63,318 (2.1)	73,878 (6.0)	72,042 (9.4)	88,867 (11.6)
水域	192,852 (8.1)	185,013 (7.8)	74,874 (2.5)	68,813 (7.8)	117,664 (15.4)	69,799 (9.1)
計	2,379,074(100.0)	2,379,074(100.0)	3,019,238(100.0)	3,019,238(100.0)	762,943(100.0)	762,943(100.0)

数値はメッシュ数，（）内は各年度の土地利用の構成割合を示す

作農家の高齢化及び減少など多様な要因による。以下では、この国土全体の土地利用の構成割合推移を基準として、洪水浸水想定区域、土砂災害警戒区域、津波浸水想定区域内の土地利用の推移過程を明らかにする。

b) 災害想定区域内の土地利用構成の推移

災害想定区域内の土地利用の構成割合の推移、1976年及び2016年の災害想定区域内の土地利用構成、各土地利用の2016年度比（1976年基準）をそれぞれ図3-4、表3-3、表3-4に示す。

田については、洪水浸水想定区域、土砂災害警戒区域、津波浸水想定区域のすべてにおいて、「田」は減少傾向にあった。ただし、それは国土全体の傾向と同水準であり大きな差異は見られない。「畑」については、土地利用の総量は1976年とほぼ変化はなく、土砂災害警戒区域と津波浸水想定区域では15%程度の減少が見られた。「森林」については国土全体としてはその総量はほぼ変

表 3-4 各土地利用の 2016 年度比（1976 年基準）

土地利用	洪水	土砂	津波	全体
田	0.76	0.75	0.74	0.76
畑	1.01	0.83	0.85	0.97
森林	0.94	1.05	1.19	1.02
荒地	0.60	0.46	0.85	0.47
建物	1.78	1.63	1.73	1.85
その他	1.21	1.17	1.23	1.43
水域	0.96	0.92	0.59	0.94

化がないが、津波浸水想定区域内の森林については19%程度の増加が見られた。「建物」については、洪水浸水想定区域、土砂災害警戒区域、津波浸水想定区域のすべてにおいて増加傾向が確認される。ただし、国土全体の

表 3-5 1976 年から 2016 年にかけての国土全体の土地利用の推移過程

国土全体	2016 年の土地利用							
	田	畑	森林	荒地	建物	その他	水域	計
1976 年 土地利用								
田	2,519,752	273,548	434,380	23,961	539,872	133,858	85,796	4,011,167
畑	137,594	1,781,922	564,476	41,814	332,119	89,683	26,277	2,973,885
森林	240,512	593,188	23,232,549	392,466	227,060	225,351	106,101	25,017,227
荒地	15,022	129,954	1,083,466	241,279	34,649	61,289	26,412	1,592,071
建物	78,591	62,135	67,766	2961	1,053,266	69,477	16,240	1,350,436
その他	18,635	22,469	72,338	7987	255,033	197,187	11,805	585,454
水域	56,519	31,075	96,279	32,151	55,900	60,405	716,791	1,049,120
計	3,066,625	2,894,291	25,551,254	742,619	2,497,899	837,250	989,422	36,579,360

数値はメッシュ数を表す

「建物」の土地利用の年度比と比較すると、その年度比は小さい。特に、土砂災害計画域内の「建物」土地利用の増加傾向は、他の災害想定区域と比較して小さい傾向が読み取れる。

c) 国土全体の土地利用の推移過程

1976年と2016年の国土全体の土地利用推移過程を表3-5に示す。各行の計、各列の計はそれぞれ1976年、2016年の各土地利用の構成メッシュ数と一致する。この推移行列から、1976年から2016年にかけての国土全体の各土地利用の増加メッシュ数（内訳含む）と減少メッシュ数がわかる。それを図表化したものを図3-5に示す。

「田」の減少メッシュは「建物」、「森林」、「畑」の順で土地利用が遷移していることが分かる。「畑」や「森林」については、国土全体に占める割合についてはそれぞれ大きな変化はなかったが、もともとあった場所が維持されているというわけではない。「畑」については「森林」や「田」から、「森林」については「荒地」、「畑」、「田」から推移して、各土地利用の構成が維持されていることが分かる。最後に、「建物」については1976年時点で「建物」用地となっている場合はその大半が2016年時点でも維持されている一方で、主に「田」や「森林」、「畑」が「建物」へと推移していることが読み取れる。以下では、この国土全体の土地利用の推移過程を参照点として、災害想定区域内の土地利用の推移過程の特徴を明らかにする。

d) 災害想定区域内の土地利用の推移過程

1976年から2016年の災害想定区域内の土地利用の推移過程の実績値（紙面の都合上省略）から作成した洪水浸水想定区域、土砂災害警戒区域、津波浸水想定区域の各

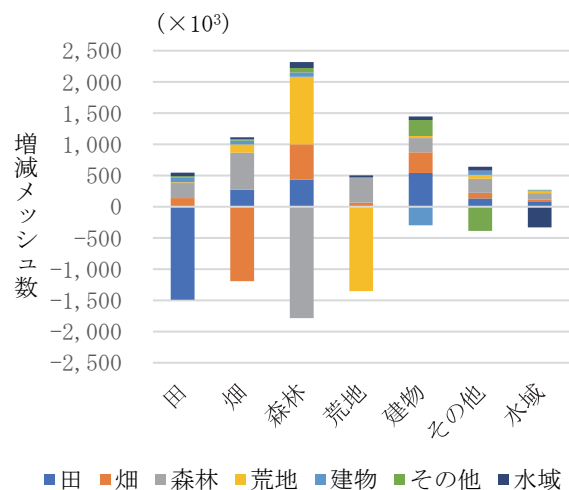


図 3-5 1976 年から 2016 年にかけての国土全体の各土地利用の増減メッシュ数

土地利用の増減メッシュ数をまとめたものを図3-6に示す。また、1976年を基準とした各土地利用の増加率（内訳含む）、減少率をまとめたものを図3-7に示す。

「田」が洪水浸水想定区域で国土全体と同じ水準で減少傾向にあることは先に述べたが、図3-6から洪水浸水想定区域内の「田」は主に「建物」に推移していることが読み取れる。一方で、土砂災害警戒区域、津波浸水想定区域では、「田」から「建物」に推移した割合は洪水浸水想定区域ほどではなく、特に、土砂災害警戒区域の「田」は「森林」に推移しているメッシュ数のほうが多い。また、洪水浸水想定区域の「田」の減少率は国土全体と比較して小さかった。言い換えれば、洪水浸水想定区域の「田」は比較的に残存傾向にあったとも言える。一方で、土砂災害警戒区域の田の減少傾向は、国土全体と比較して大きかった。すなわち、棚田などの斜面地に

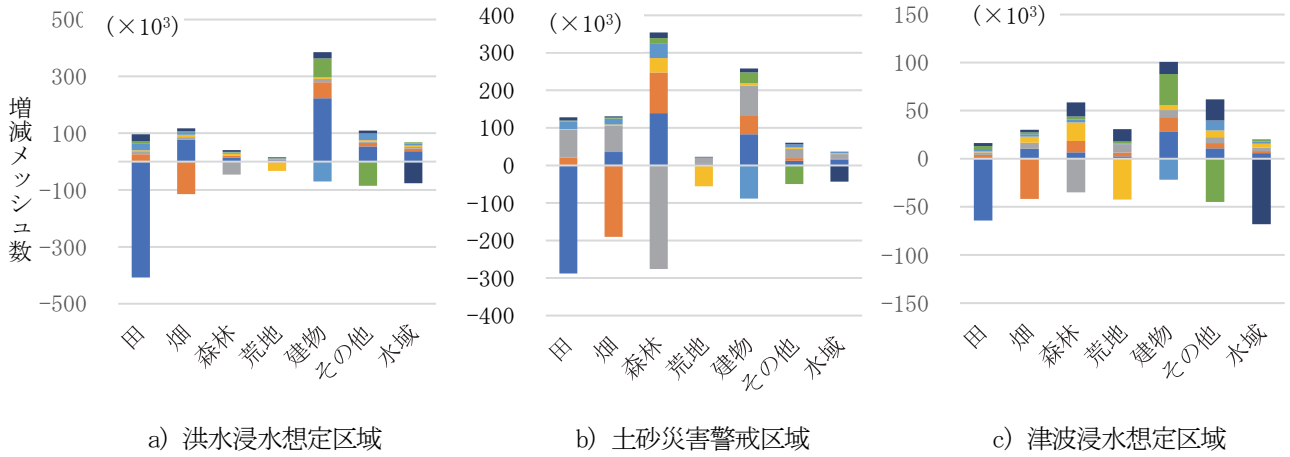


図 3-6 災害想定区域における 1976 年から 2016 年の各土地利用の推移過程

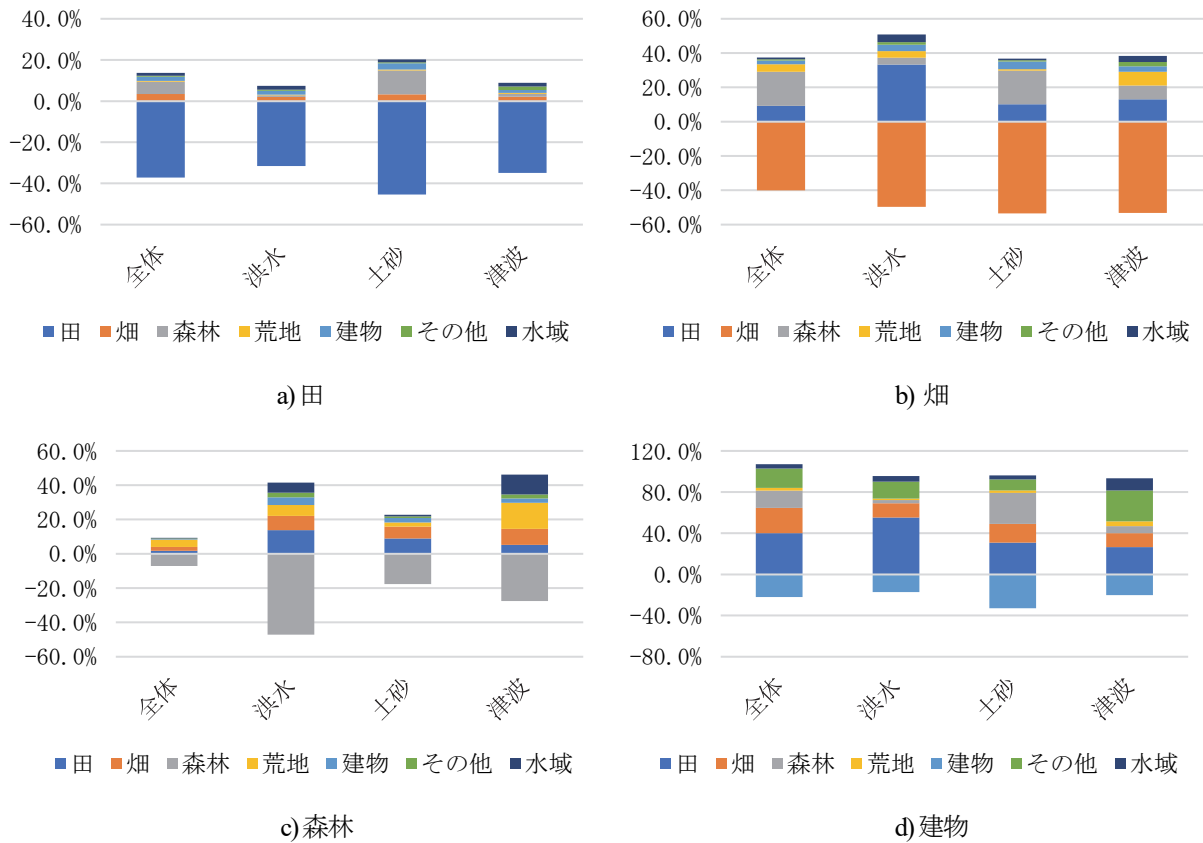


図 3-7 1976 年を基準とした 2016 年土地利用の増減率

ある田の減少が顕著であったことが推察される。

続いて、「畑」についてすべての災害想定区域において「畑」の構成割合に大きな変化は見られなかったが、増加・減少傾向は見られないが、洪水浸水想定区域では「田」から「畑」への推移、土砂災害警戒区域では「森林」から「畑」への推移が支配的であり、その推移過程が異なることがわかる。

「森林」については、そもそも洪水浸水想定区域内の

構成割合が低く、土砂災害警戒区域内の構成割合が高いという特徴があった。その上で、土砂災害警戒区域の「森林」が維持されてきたというわけではなく、「田」や「畑」から「森林」への推移によって「森林」としての土地利用の総量に大きな変化が見られなかったことが読み取れる。また、津波浸水想定区域において「森」が増加傾向にあったことは先に述べた通りだが、「荒地」からの推移して「森林」となった割合がもっとも高かつ

た。こうした「森林」は植生遷移によって形成されるが、単に森林といっても土壌厚等によって形成されている森林の特徴は大きく異なり、津波に対する緩衝帯機能が期待できない「森林」も多分に含まれているものと推察される。

最後に「建物」について、洪水浸水想定区域、土砂災害警戒区域、津波浸水想定区域のどれも増加傾向にあることは先に述べた通りだが、その増加元となった土地利用の内訳は大きく異なる。自然的土地利用から建物用地への推移という観点からは、洪水浸水想定区域には「田」から、土砂災害警戒区域では「田」、「森林」、「畑」から、津波浸水想定区域では、「田」、「畑」から「建物」へと推移していたことが読み取れる。

e) Eco-DRRに資する土地利用施策への示唆

上記の分析結果をEco-DRRの観点から整理し、Eco-DRRに資する土地利用施策を検討する。

はじめに、Eco-DRRのb) 暴露からハザードの脅威の回避の観点からは、災害想定区域内の建物用地を増加させない、または減少させていく取り組みが推奨される。本分析で示したように、1976年から2016年にかけて自然的土地利用（「田」、「畑」、「森林」）から都市的土地利用（「建物」、「その他」）の推移が進んでいたが、今後、人口減少が進む中で自然的土地利用から都市的土地利用への推移は規制していくことが望まれる。

宅地建物取引業法では、宅地建物取引業者に対し、重要事項説明として、取引対象の宅地または建物の所在地が土砂災害警戒区域、津波災害警戒区域の内外か、また令和2年8月から水害（洪水・雨水出水・高潮）ハザードマップにおける対象物件の所在地についても購入者等に対して事前に説明することが義務付けられている。住民の居住地選択を通じた災害想定区域内の建物用地へのニーズが減少、都市的土地利用から自然的土地利用への推移が促されるかもしれない。また、都市計画法第34条第11号及び都市計画法施行令第36条の改正により、令和4年4月から、災害レッドゾーン（災害危険区域、地すべり防止区域、土砂災害特別警戒区域、急傾斜地崩壊危険区域）、土砂災害警戒区域、および3.0m以上の浸水想定区域における、開発・建築行為が原則禁止された。このように、徐々にではあるが、災害想定区域の「建物」用地の増加を抑える法整備は進みつつある。一方で、都市的土地利用から自然的土地利用へ回帰させていくことも必要になるが課題は多い。人口減少が進む中で空き家の増加が懸念されているが、自然的土地利用へ転換するためには空き家の除却を進める必要がある。また、農地についても、農家の減少、耕作放棄地の増加が課題となっているように、その土地利用の拡大は容易ではない。

種々の土地利用の集約化と効率化に加えて、宅地の農地化や農地の森林化など土地利用の用途変更を促す実効性のある政策展開が必要となるが、その検討は今後の課題としたい。

4. おわりに

本研究では、土地利用細分メッシュデータを用いて、洪水浸水想定区域、土砂災害警戒区域、津波浸水想定区域内の土地利用の推移過程を、国土全体の推移過程と比較しながら、その特徴を明らかにした。自然的土地利用には不確実性はあるもののハザードの脅威の軽減効果があるため、災害想定区域内の自然的土地利用を維持することが求められる。その上で、「建物」用地に推移する土地利用は、災害想定区域毎に異なっていたため、その特徴を踏まえて、災害想定区域それぞれに対して求められるEco-DRRに資する効果的な土地利用施策が異なることが示唆された。

なお、本研究では、公開されている土地利用細分メッシュデータを用いて分析を行ったが、環境省による植生調査データや地域は絞られるが国土地理院による数値地図5000（土地利用）等を用いても同種の分析は可能である。また、森林については近年、森林簿の情報公開が全国で進んでおり、森林の樹木の種類や樹冠疎密度、林齢などEco-DRRに資する森林であるかを判断する際に利活用可能な情報を含んでいる。こうした他のGISデータと統合することによって、より確度の高い土地利用情報に基づくEco-DRRに資する土地利用施策を検討することが可能となる。最後に、本稿は国土全体の土地利用の推移過程の把握につとめたが、Eco-DRRに資する土地利用施策を実際に展開していくためには、より適切な空間スケールを対象として自然的、社会的条件を考慮した検討が必要である。これらは今後の課題としたい。

REFERENCES

- 1) 水管理・国土保全局：2022河川データブック，II一般指標，2-4水害・土砂災害等，2-4-4戦後の水害被害額等の推移（平成23年価格），pp.55-60, 令和4年8月。
- 2) ADRC: Total Disaster Risk Management – Good Practices 2005-, 2005. https://www.adrc.asia/publications/TDRM2005/TDRM_Good_Practice_s/GP2005_e.html (2023年3月1日アクセス可)
- 3) Estrella, M., Saalismaa, N.: Ecosystem-based disaster risk reduction (Eco-DRR): An overview, pp.26-54, in *The Role of Ecosystem Management in Disaster Risk Reduction* edited by Renaud, F. et al., UNU Press, 2013.
- 4) Sudmeier-Rieux, K., Arce-Mojica, T., Boehmer, H.J. et al.: Scientific

- evidence for ecosystem-based disaster risk reduction, *Nature Sustainability*, 4(9), pp.1-8, 2021.
- 5) Kathiresan, K., Rajendran, N.: Coastal mangrove forests mitigated tsunami, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65(3), pp.601-606, 2005.
 - 6) 滝健太郎：災害リスクを可視化する仕組みづくり，p.121-129，グリーンインフラ研究会等編：実践版!グリーンインフラ，日経BP，2020.
 - 7) 環境省自然環境局：生態系を活用した防災・減災に関する考え方，平成28年2月，
<https://www.env.go.jp/content/900489546.pdf>（2023年3月1日アクセス可）
 - 8) JICA：生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）の実践，—その効果，国際動向とJICAの取組—，2017年3月更新，
https://www.jica.go.jp/publication/pamph/issues/ku57pq00002niq24-att/Eco-DRR_handbook.pdf（2023年3月1日アクセス可）
 - 9) 林野庁：森林の多面的機能とわが国の森林整備，森林及び林業の動向，第一章第一節，pp.8-23, 2013.
 - 10) 林野庁：山地保全調査（森林整備が表層崩壊防止機能等に及ぼす効果等に関する検討調査），委託事業報告書，令和4年3月.
 - 11) 藤枝基久：森林流域の保水容量と流域貯留量，森林総合研究所研究報告，6(2), pp101-110, 2007.
 - 12) 増本隆夫：水田の貯留機能評価と水資源流域管理にみるパラダイム・シフト，水文・水資源学会誌，11(7), pp.711-722, 1998.
 - 13) 久保田富次郎：洪水緩和に寄与する畑地の浸透貯留機能—都市近郊の台地上の畑を事例として，ランドスケープ研究，86(1), pp.20-23, 2022.
 - 14) 吉川夏樹，長尾直樹，三沢 眞一，田んぼダム実施流域における洪水緩和機能の評価，農業農村工学会論文集，77(3), pp. p. 273-280, 2009.
 - 15) 農林水産省農村振興部整備局：「田んぼダム」の手引き，令和4年4月.
 - 16) 小川茂雄，塩野隆弘，吉迫宏，島武男：農地の持つ土壌侵食防止機能量のGISをベースとした評価—岡山県を事例として—，システム農学，25(3), pp.145-155, 2009.
 - 17) Osawa, T., Nishida, T., Oka, T.: High tolerance land use against flood disasters: How paddy fields as previously natural wetland inhibit the occurrence of floods, *Ecological Indicators*, Vol.114, 106306, 2020.
 - 18) Kato, S., Huang, W.: Land use management recommendations for reducing the risk of downstream flooding based on a land use change analysis and the concept of ecosystem-based disaster risk reduction, *Journal of Environmental Management*, Vol.287, 112341, 2021.
 - 19) 松中亮治，大庭哲治，中川大，森倉 遼太：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), 2018.
 - 20) 清水裕之：標準地域3次メッシュを用いた日本の国土の土地利用変化と人口世帯変化の観察と類型化—都市的土地利用に着目して—，都市計画論文集，50(1), pp.107-117, 2015.
 - 21) 高柳誠也：国土数値情報土地利用細分メッシュデータを用いた人口動態と土地利用変化の関係性—メッシュ人口密度・メッシュ人口変化率に着目して—，都市計画論文集，52(3), pp.459-466, 2017.
 - 22) 菊池亮太，室町泰徳：国土数値情報を用いた人口減少下の年における都市的及び自然的土地利用の変化に関する分析，都市計画論文集，50(3), pp.588-593, 2015.

ECO-DRR ORIENTED LAND USE ANALYSIS IN DISASTER-PRONE AREA —A CASE STUDY OF THE WHOLE OF JAPAN—

Mamoru YOSHIDA, Saki TANAKA, Takahiro OTA and Daisuke KAMIYA

This paper aims to clear the transition of land use in disaster-prone areas, including flood-prone areas, sediment disaster prone areas, and tsunami inundation-prone areas, from 1976 to 2016 in the whole of Japan, with land use subdivision mesh data. As results, density built land use shows an increasing trend at the less degree of increasing in the whole of Japan; on the other hand, paddy land use shows a decreasing trend at the same degree of decreasing in the whole of Japan. In addition, with respect to the land use transition from natural land use to urban land use, density built land is transferred from paddy land in flood-prone areas, paddy land and forest land in sediment disaster prone areas, and paddy and non-paddy farm land in tsunami inundation-prone areas, which implies a necessity of land use planning which are different from hazard types.