

# 頻発化・激甚化する災害への対応を 地域の持続性につなげる土地利用

総合地球環境学研究所・東京大学准教授 吉田 丈人

## はじめに

人間活動に起因する気候変動が今まさに地球規模で進行している。日本においても、年平均気温は上昇傾向を続けており、猛暑日や熱帯夜の日数が増えてきている。災害をもたらすような極端な気象現象の発生も増えており、洪水による浸水災害や土砂災害を招くような大雨の発生頻度が高まっているほか、高潮による浸水災害につながる海面水位の上昇が続いている。温室効果ガスの排出削減が進められているが、今世紀末にかけての予測研究は、気候変動が継続し、拡大していくという見通しを示している。

2015年に採択されたパリ協定では、世界の平均気温の上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つことが長期目標とされている。その2℃上昇に相当する気候変動シナリオでは、降雨が集まり河川を流れ下る洪水時の流量が約1.2倍になり、河川から水があふれるような洪水が発生する頻度は約2倍になるという推計がある。さらに気候変動が進行して4℃上昇するシナリオでは、洪水の発生頻度が約4倍にもなるという。また、日本付近で発生する台風の強度は今後の気候変動により上がると予測されているほか、海面水位の上昇と強い台風により高潮の規模が大きくなると予測されている。

このような今後の気候変動により、災害が頻発するとともに激甚化することが懸念されている。これまで想定されていなかったような災害が、今後は起こりうると想定しなければならない。

ところで、災害のリスクは、極端な気象現象がもたらすハザードだけでは決まらない。ハザードへの**ばくろ**とハザードに対する**ぜいじゃく**性も、災害リスク

に大きく影響する。世界的に見れば極端な気象現象による災害が増加傾向にあるが、それはハザードが拡大したことだけでなく、人口増加とそれに関連する社会的変化がもたらす暴露や脆弱性の拡大にも起因するとされる。日本においても、高度経済成長期には人口増加と都市の拡大があわせて進行し、ハザードがある土地の都市的な利用が増え、ハザードへの暴露が増加した。また、人口減少のフェーズに入った現在においても都市への人口集中は継続しており、都市域に残っている農地や都市周辺の森林などが住宅地として開発されるなど、今なお、ハザードへの新たな暴露が起こっている。

また、ハザードに対する脆弱性についても、将来的に懸念される点がある。高度経済成長期には、災害対応のために多くのインフラが整備され、防災・減災に効果を発揮してきた。それらのインフラは、整備されてから一定の期間が経過し、老朽化にともなって更新が必要な時期を次々に迎えている。インフラの更新や長期的な維持管理には莫大<sup>ばくだい</sup>な経費が必要とされており、財政的な課題にもなっている。

## 災害と土地利用

国土の土地利用は、ハザードへの暴露を介して、災害リスクに密接に関係する。住宅用地・商業用地・工業用地などの都市的な土地利用には多くの居住者や財産が存在し、ハザードに暴露されている場合は災害リスクが高くなる。一方、居住者がおらず財産が比較的少ない自然的な土地利用がハザードに暴露されていても、災害リスクは前者に比べて高くない。このように、土地の使い方（土地利用）と災害リスクは深く関わっており、ハザードを避けた土地利用が、被害を未然に防ぎ、抑制することに大きく貢献する。

ハザードを考慮に入れた土地利用は、生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）の一つの具体的なアプローチとしても大事である。Eco-DRRは、防災・減災と生態系・生物多様性の保全を両立することを目的としており、ハザードに暴露された土地を自然的な土地利用とすることはその達成につながる。このようなEco-DRRの考え方は「仙台防災枠組2015-2030」や「ポスト2020生物多様性枠組」などの国際的な方針・施策や、「流域治水」や「次期生物多様性国家戦略」などの国内の方針・施策に取り入れられており、そ

の活用への期待はたいへん大きい。

ところで、ハザードそのものは自然の現象であり、生態学的には「攪乱<sup>かくらん</sup>」と呼ばれ、生物多様性の維持機構として重要であることも指摘しておきたい。攪乱が多い場所を好んで生息する生物種も多く存在するほか、生活史の一部を攪乱がもたらす環境に依存しており、攪乱がないと生きていけない生物種もいる。これらは、私たち人類が進化するよりずっと以前からの長い生物進化の歴史のなかで、生物多様性の一部として形づくられた生物の特性である。また、適度な攪乱は、生物種間の生存競争が激化することを阻む<sup>はば</sup>ことなどにより、多くの生物種の共存をもたらすことも知られている。このように攪乱は、健全な生態系や豊かな生物多様性が維持されるには欠かせない環境条件の一つとなっている。

災害と土地利用との関係は、それぞれの地域の局所的な場所で重要であるだけでなく、より広い空間スケールでとらえることも大事である。なぜなら、災害をもたらす原因となる水は、上流から下流にかけてまるで木の小枝から太い枝を通して幹に達するかのようになり集まり流れ下るし、大気への蒸発散や地下への浸透などにより、水は絶えず循環しているからである。そのため陸域での土地利用の変化は、その局所的な場所の災害だけでなく、別の場所の災害にも影響することがしばしばある。たとえば、流域における土地利用が都市的なものになることで雨水の浸透が妨げられ、より多くの水がより速く下流に流れ下ることになり、下流域での浸水災害が引き起こされることがある。また、地形的に水が溜まりやすい窪地やゆるやかに水が流出する谷津地形などがあれば、それらの下流での洪水は抑制されることになるが、このような地形が埋め立てられ都市的な土地利用に改変されると、水を貯めてゆるやかに流す機能は失われてしまう。さらに森林や草地などの植生は、蒸散や浸透を促すことにより、地表を流れ下る洪水を低減することにつながる。

## 防災・減災と地域の持続性への貢献

気候変動による災害の頻発化や激甚化に対してどのような防災・減災を進めるかは、それぞれの地域社会の持続性にとって大きな課題となっている。しかし、地域が抱える課題は防災・減災にとどまらない。人口減少と担い手

不足、地域の経済と財政の悪化、地域文化の衰退、生態系の劣化や生物多様性の損失など、多くの課題が山積している。

防災・減災を、ほかの地域課題の解決と同時に進めることができれば、地域の持続性に貢献できると期待される。逆にいえば、ある一つの課題解決が、ほかの地域課題の深刻化や新しい別の課題の発生につながるがあれば、地域の持続性に貢献しているとは言えないのではないか。たとえば、治水対策のための河川改修が生態系に深刻な影響を与えた事例は古くから知られているし、最近では、再生可能エネルギー発電施設の設置が地域の生物多様性に甚大な損失を与える事例が知られている。

防災・減災の推進により地域の持続性に貢献しようとするとき、災害が発生する異常時と、そうでない普段の平常時の両方の視点をもつことが重要になる。生態系や生物多様性をもつ多様な機能を活用する Eco-DRR は、異常時にも平常時にも機能を発揮することが特徴である。ハザードに暴露された土地を自然的な土地利用とすることで、防災・減災に役立つだけでなく、自然や半自然の生態系がもたらすさまざまな自然の恵み（生態系サービス）を活用することができる。

湿地や自然林などの自然生態系や、田畑などの農地や管理された森林などの半自然の生態系がもたらす生態系サービスには、食料や水など私たちの暮らしを物質的に支える供給サービス、気候の調整や大気・水の浄化など私たちの生活環境を支える調整サービス、レクリエーションや精神的な癒やなど、私たちの文化や精神をさまざまに支える文化的サービスが含まれる。生態系や生物多様性をもつこれらの多様な生態系サービスを活用することは、防災・減災のみならず他の地域課題の解決にも役立つと期待されている。

一方、生態系や生物多様性の状態は、過去数十年の間、劣化する傾向に歯止めがかからない。日本の「生物多様性及び生態系サービスの総合評価 2021」によれば、森林生態系、農地生態系、都市生態系、陸水生態系、沿岸・海洋生態系、島嶼生態系とうしょのいずれの生態系においても、過去 50 年の間に生物多様性が損失しており、いまだに回復傾向が見られない。

その直接的な原因として「第 1 の危機（開発・改変、直接的利用）」「第 2 の危機（里地里山等の利用・管理の縮小など）」「第 3 の危機（外来種、化学物質など）」「第 4 の危機（地球規模で生じる気候変動）」が挙げられている

る。このうち第2の危機は、人口減少と少子高齢化にともなう農林水産業や生態系管理の担い手不足に関連しており、人口減少が先進的な課題となっている日本の特徴が表れている。生物多様性の損失は、生態系や生物多様性をもたらす多様な生態系サービスの劣化を引き起こしており、地域の持続性に与える影響が懸念される。生態系と生物多様性の保全と再生を進めることは、本来の自然が発揮できる生態系サービスを十分に引き出し活用できるようにするために欠かせない。

## 土地利用の効果の見える化

土地利用と災害リスクの関係については先に述べたが、土地利用は生態系サービスとも深く関わっている。ある場所の土地利用が自然的か都市的かの違いによって、その場所でもたらされる生態系サービスは大きく異なるし、どのような地形でどのような土地利用がされるかによって、その下流の地域での生態系サービスにも影響が及ぶ。したがって、土地利用は、災害リスクにも生態系サービスにも重層的に影響している。土地利用がもつ重層的な効果を可視化（見える化）することで、現在の土地利用の意味をより深く理解することができ、将来の土地利用のあり方を考えることができるだろう。

土地利用は実際、どのように災害リスクと生態系サービスに影響しているだろうか。この質問に答えるには、土地利用と災害リスクの関係と土地利用と生態系サービスの関係の両方を評価し、一つの地図として可視化することが必要となる。総合地球環境学研究所のEco-DRRプロジェクト（～2022年度）がウェブ上に公開した「J-ADRES（自然の恵みと災いからとらえる土地利用総合評価）」では、2010年ごろの土地利用を対象として、市区町村別に洪水に関する「災害からの安全度」を評価し地図化している（土砂災害と高潮による浸水災害については23年3月ごろに公開予定）。同時に、それぞれの自治体にもたらされるさまざまな生態系サービス（供給・調整・文化的サービス）を「自然の恵みの豊かさ」として評価し地図化したうえで、「災害からの安全度」と「自然の恵みの豊かさ」の関係が土地利用の総合評価として可視化されている（図1）。

「災害からの安全度」と「自然の恵みの豊かさ」の2次元マップ上に全国

の市区町村がプロットされているが、自治体間でのばらつきは大きい(図2)。それは、同程度の「自然の恵みの豊かさ」のスコアの自治体間でも、「災害からの安全度」がそれぞれ異なることを示している。その主な理由は、「自然の恵みの豊かさ」をもたらす自然的な土地利用が似ていても、災害の危険(ハザード)にさらされた都市的な土地利用の割合が自治体間で大きく違うためである。また、「災害からの安全度」が同程度であっても、「自然の恵みの豊かさ」のスコアが異なることもある。ハザードにさらされた都市的な土地利用の割合が似ていても、「自然の恵みの豊かさ」をもたらす自然的な土地利用の割合が異なることが主な理由である。ほかにも、いろいろな比較をしてみると、これまではわからなかった土地利用の意味の一端が見えてくるだろう。

また、それぞれの自治体において「災害からの安全度」や「自然の恵みの豊かさ」の詳細が大きく異なっている。2次元マップに加えて、すべての評



図1 自然の恵みと災いからとらえる土地利用総合評価(J-ADRES)  
出典：J-ADRES ウェブサイト(2022年5月公開版)

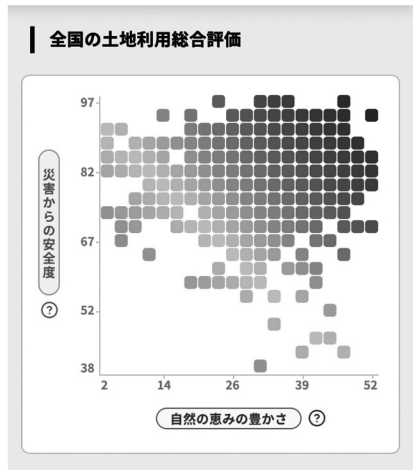


図2 「災害からの安全度」と「自然の恵みの豊かさ」の関係(全国の市区町村がプロットされ、一つの点に複数の自治体が含まれる場合もある。点の色は、二つのスコアの合計点に対応している)  
出典：J-ADRES ウェブサイト(2022年5月公開版)



価値指標が網羅されているレーダーチャートを見ることで、全国の市区町村における土地利用の効果をより具体的に把握することができる（図3）。このように、土地利用がもつ重層的な効果を可視化することで、土地利用がもたらす地域社会への影響やその将来のあり方を考える機会となることが期待される。

## さいごに

災害リスクと生態系サービスに深く関わる土地利用について述べてきたが、土地利用は、私たちの暮らしや社会経済、生物多様性や生態系など、ほかの面とも関わっている。逆にいえば、土地利用のあり方によって、人間社

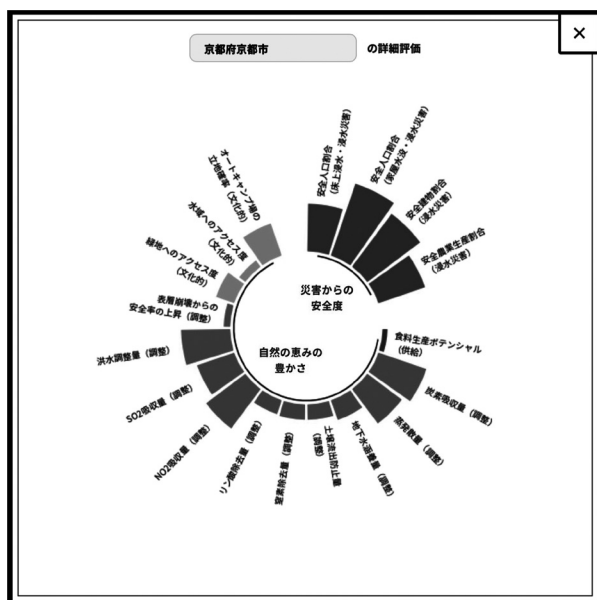


図3 J-ADRES による市区町村別の詳細評価の例（「災害からの安全度」と「自然の恵みの豊かさ」を構成する個別の評価指標のスコアは詳細データで閲覧できる。「災害からの安全度」は%で示され、「自然の恵みの豊かさ」を構成する生態系サービスは全国の最大値を100として標準化されている）

出典：J-ADRESウェブサイト（2022年5月公開版）

会への影響がさまざまに変わってくる。そのため、街づくりのような地域社会全体のあり方の検討や施策では、街としての都市的な土地利用だけでなく、街を取り囲み、街の外に広がる自然的な土地利用も含めた、総合的な視点や利害の調整が必要になるだろう。これは、街に住む私たち自身に直結する課題である。私たち自身が身の回りの土地利用にもっと目を向け意識して考えても良いのではないだろうか。

そのうえで、土地利用の重層的な意味と関連して発生する利害の調整が必要になってくる。そのとき、地域の土地利用に対して「自分ごと」として意見を発することができる市民の存在は、多様な利害を調整するための対話や協議に多様な関係者が参加することにつながり、それぞれの地域でより良い土地利用のあり方が検討され実現することを期待したい。

#### [参考文献]

- 1) 文部科学省・気象庁(2020)日本の気候変動2020—大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書一。  
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>, 2022年12月27日確認
- 2) 環境省(2016)生態系を活用した防災・減災に関する考え方。<https://www.env.go.jp/nature/biodic/eco-drr.html>, 2022年12月27日確認
- 3) 環境省(2021)生物多様性及び生態系サービスの総合評価2021(JBO3)。<https://www.biodic.go.jp/biodiversity/activity/policy/jbo3/generaloutline/index.html>, 2022年12月27日確認
- 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(2017)決定版!グリーンインフラ。日経BP
- 5) 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(2020)実践版!グリーンインフラ。日経BP
- 6) 総合地球環境学研究所 Eco-DRR プロジェクト(2022)J-ADRES:自然の恵みと災いからとらえる土地利用総合評価。<https://j-adres.chikyu.ac.jp>, 2022年12月27日確認