3

第 3 章
森林の防災・減災機能を活用するためのアプローチ

開発途上国において森林の防災・減災機能を発揮させるためには、それぞれの地域に適したアプローチが必要になるのはもちろんのこと、防災・減災機能を発揮させられるような土地利用計画を地域住民とともに立案していく必要がある。

本章では、森林を活用した防災・減災のための治山事業を実施する上で留意するべき点と活用可能な知見について整理する。また、森林の防災・減災機能を発揮させるための土地利用計画を地域住民とともに策定するための方法について概説する。

Recipe - P01　森林を活用した防災・減災のポイントと活用可能な知見
Recipe - P02　森林を活用した防災・減災のための土地利用計画と管理
Recipe - P03　地域での協働による計画の策定

Recipe - P01

森林を活用した防災・減災のポイントと活用可能な知見

この上の Recipe は

Recipe - I02　森林を活用した防災・減災の考え方

森林の機能を活用した防災・減災を図るうえで、災害の種類・発生リスクや地形・自然環境等の地域特性と保有技術を踏まえた検討を行うことが必要である。加えて、現地での実施体制を構築し、生態系機能の限界を把握することも重要である。地球と地域の環境保全の観点から森林を保全することの重要性が明確に認識されてきた一方、森林資源は我々が生活を営む上で不可欠であるため、森林資源を得ながら山地災害を防止し山地環境を保全する技術を確立することも同時に重要である。治山技術は、森林資源の利用や山地環境の保全にも関連し、より中長期的、より多角的な視点から防災・減災へアプローチすることを特徴とする技術である。

森林を活用した防災・減災の主なポイント

森林は、山地・河川・海岸など都市以外の地形空間における Eco-DRR の最も重要な鍵となる生態系（生態資源）であり、ヨーロッパアルプスなどを中心に斜面崩壊・土石流・雪崩などと森林の関係に関する研究が進められてきた。しかし、森林を活用した防災・減災が近年注目を集めるようになったのは、海岸林が津波による被害を軽減する効果を持つことが知られるようになったからである。日本では森林を活用した山地防災が 17 世紀にはじまっていたことが世界的に知られるなど[1)]、その歴史や技術が国際的にも注目されている。森林を活用した防災・減災こそ Eco-DRR の中核を担うべきテーマであるという認識が高まりつつある中、フィールドでの実証的な研究と実践を東南アジア地域の山地と海岸の双方で探求する日本の森林を活用した防災・減災は、災害対応の国際的な、特に東南アジア地域での動向に有意なインパクトを与える。

すでに、アジア地域においては森林を活用した防災・減災の取組がいくつかみられ、その中には、日本が技術支援や助言を行った事例も多い。これらの事業を通じて、今後の治山技術の海外展開の可能性を考えるうえで参考になる情報が多く得られている。以下では、このような先駆的な海外協力の取り組みを通じて得られた情報についてとりまとめたが、森林を活用した防災・減災の主なポイントとして、下記のことが指摘できる。

(1)　災害の種類・発生リスクや地形・自然環境等の地域特性と保有技

INFO

1) Moos C., et al.（2018）Ecosystem-based disaster risk reduction in mountains. Earth-Science Reviews, 177, 497-513.

術を踏まえた検討

取組の主目的は防災・減災効果の発揮であることから、その観点から効果のある手法を選択することが求められる。森林を含む生態系を活用した手法が対象地に適するか、また、対象地に適する森林を活用した防災・減災技術をそれぞれの企業が提供できるかを踏まえた事業可能性の検討が非常に重要である。とくに、熱帯地域では風化帯に由来する厚い細粒物質が加速度的な侵食や崩壊の多発につながりやすいことが指摘されているため、自然環境を分析する際には、地質だけでなく土壌生成環境までを考慮することが不可欠である。

(2)　現地実施体制の構築

森林を活用した防災・減災は、例えば植林木の維持・管理等、その後のケアが機能発揮のために非常に重要になる。数年、数十年にわたって機能を維持し適切に更新するためには、現地住民等を含む現地関係者と強固な実施体制を構築し、技術・ノウハウを十分に移転することが必須である。植林等の森林における活動に加え、森林を活用した防災・減災に関する教育や啓発活動も併せて行うことが求められ、そうした活動の担い手も体制に組み入れるべきである。

(3) 生態系機能の限界把握

生態系を活用した防災・減災対策は、人工構造物に比べてその効果を発揮するまでに時間を要し、多元的な因子が関わるため、効果発現量には不確実性を伴う幅があるという特徴がある（図 P01-1）[2)]。こうした制約を認識したうえで、森林生態系がもたらす副次的効果（現地の生計向上への寄与、生態系サービスの提供等）も適切に評価し、手法として

INFO

2) 中村太士（2020）未来の国土保全に欠かせないグリーンインフラ．グリーンインフラ研究会他編，「実務版！グリーンインフラ」．日経 BP，520pp. 25-38.

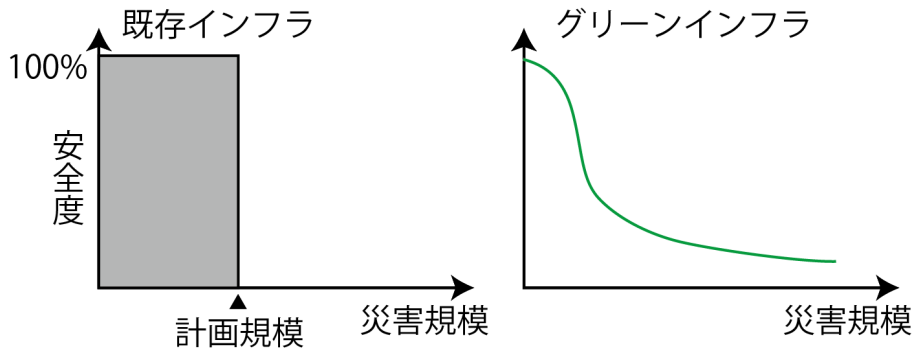

図 P01-1　既存インフラ（グレーインフラ）とグリーンインフラの性格の違い [2)]

の森林を活用した防災・減災技術の選択を総合的に判断すべきである。森林を活用した防災・減災技術は、ソフト的な対策（土地利用計画）、生態的な対策（造林、緑化工）、工学的な対策（渓間工、山腹工）をその土地の状況に合わせて様々な割合で組み合わせていく総合技術であり、生態系の防災機能にのみ頼るのではなく、かつての日本のハゲ山復旧治山事業のように小規模な防災施設（グレーインフラ）を補助的に用いることも有効である。例えば、角礫、砂、粘土など厚い風化物質の存在によって加速度的な侵食が危惧される場合は、治山ダム状の小規模な堰堤（チェックダム）を早期に設置することで、侵食を防止し、上流側の流域が安定化することが期待できる。

防災・減災対策に活用可能な知見の整理

自然災害は自然が人命や資産、公共施設などに対して被害を及ぼす現象であり、そうした社会経済的価値（保全対象）が立地する地域でなければ、狭義の防災・減災に関する議論の対象にはならない。しかし、流域での土砂移動、水質保全、水源涵養、生態系保全、さらに地球大気中の温暖化ガス削減といった課題（環境保全）を、地域社会の存立や人類の生存に関係する広義の災害と見る場合には、その限りではない。この意味において、災害と環境は密接に関係し、本来、不可分である。また、1970 年代以降、地球と地域の環境保全の観点から森林を保全することの重要性が明確に認識されてきた一方、木材などの森林から得られる資源は我々が生活を営む上で不可欠であるので、森林資源を得ながら山地災害を防止し、山地環境を保全する高度な技術を確立することも重要である。治山技術は、森林資源の利用や山地環境の保全にも関連し、より中長期的、より多角的な視点から防災・減災へアプローチすることを特徴とする技術である。

日本国内において森林の防災機能に関して既往研究で示されてきたことの一つは、斜面崩壊は林齢と関係があることである。数多くの災害事例から、林齢 20 年前後を境として幼齢林と壮齢林では同一地域でも崩壊率が大きく異なることが分かっている [3)]。幼齢林では樹幹や根系の発達が乏しいことが崩壊発生に関係していると考えられ、その面での実証研究が様々な困難を克服しながら積み重ねられてきた。 もう一つは、山地斜面に作られる作業道や登山道などの道路が斜面崩壊や表面侵食を増加させることである。踏み固められる道路表面は雨水の浸透能が小さくなることや斜面上部からの側方浸透流が切土面から流出することなどで、降雨時に急激かつ多量の水の流出が発生することが基本的な要因である [4)]。

INFO

3) 塚本良則（1986）樹木根系の崩壊防止効果に関する研究．東京農工大学農学部演習林報告 23, 65-124.

東南アジアでは山地斜面が広範囲に主として農業生産に利用されてきた歴史と現状があり、雨季に繰り返される豪雨時にはガリー、リル、シートウォッシュによる表面侵食が起こり、多量の土砂が流出して下流域に経済損失を含む重大な環境インパクトを与えている例が多い[5)]。

また上で述べた通り、森林を利用した防災・減災は、山地だけでなく海岸でも注目されている。森林が防災・減災に効果を発揮することは、例えば 2004 年のスマトラ島沖地震によって引き起こされた津波が海岸林、特にマングローブによって減衰し、大きな減災効果をもたらしことがインド洋沿岸の各地域から伝えられたことに端的に現れている[6)]。マングローブの津波エネルギー減衰効果は数多くのモデル計算からも認められており、その効果のレベルは、樹木密度、幹・枝・根の太さ、海岸の傾斜などによって決まってくる[7), 8)]。津波のように、森林による流体の減勢効果を期待した防災林の事例は多く、日本においても、森林による洪水や雪崩、土石流の減勢を期待した防災林が古くから造成されてきた。

INFO

4) Sidle R. C., et al（2006）Erosion processes in steep terrain—Truths, myths, and uncertainties related to forest management in Southeast Asia. Forest Ecology and Management 224, 199–225.

INFO

5) Furuichi T and Wasson R. J.（2011）Placing sediment budgets in the socio-economic context for management of sedimentation in Lake Inle, Myanmar (Burma). IAHS Red Book 349, 103-113.

INFO

6) Danielsen F., et al.（2005）The Asian Tsunami: A Protective Role for Coastal Vegetation. Science 310, 643.

INFO

7) Alongi D.M.（2008）Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. Estuarine, Coastal and Shelf Science 76, 1-13.

INFO

8) Horstman E. M., et al.（2014）Wave attenuation in mangroves: A quantitative approach to field observations. Coastal Engineering 94, 47–62.

Recipe - P02

森林を活用した防災・減災のための土地利用計画と管理

この上の Recipe は

Recipe - I02　森林を活用した防災・減災の考え方

森林の防災・減災機能を十分に発揮させるためには、森林を含む適正な土地利用計画と土地管理が求められる。自然災害のリスクを避けるなど森林の公益的機能の発揮のため、我が国では森林所有者の権利を公共目的のために制限する保安林制度を創設している。森林の防災・減災機能を発揮させるためには、災害発生地と森林や農地、居住地、その他のインフラなどの空間配置が重要になってくる。特に防災・減災が必要な箇所については、人工構造物である治山施設の導入も考慮して土地利用計画を策定する。策定された土地利用計画、対策シナリオで期待される森林の防災・減災機能を発揮させるためには、策定後の土地管理が重要である。

土地利用計画・管理の必要性と保安林制度

森林の防災・減災機能を十分に発揮させるためには、森林を含む適正な土地利用計画と土地管理が求められる。土地利用計画や土地管理は、比較的広範囲なリージョナルレベルから、地域住民の生活圏のローカルレベルまで、様々なレベルが考えられるが、範囲が狭くなるにつれて、住民による土地や資源の利用に制限を伴うことがあるため、住民の権利や社会経済活動への影響に考慮する必要がある。例えば、ある住民の住宅の裏山が別の住民の所有で、そこにある森林を伐採して耕作地に転換しようとした場合、麓の住民に対する災害リスクが高まるために、伐採を禁止することは所有者の権利を制限することになる。

自然災害のリスクを避けるなど森林の公益的機能の発揮のため、我が国では保安林を設定している（図 P02-1）[1), 2)]。我が国は地形が急峻で急流が多く、人命やわずかに開けた平地で営まれる水田農業を自然災害から守ることが古くからの重要な課題であった。江戸時代には、各藩において、災害を防止するために村落地域が共同で利用している村持山等の扱いを規制するとともに、水源山、屏風山などの森林を独自に保護していた。しかし、明治に入り、民有林については伐採が自由となり、農業肥料等の原料として村持山、入会山などから下草、落葉落枝、薪炭材等が無秩序に採取され、森林が荒廃し災害が多発するようになった。これに対し、明治政府は、国土保全上重要な民有林を保全するため、伐採の可否を農商務省で判断する伐木停止林を創設した。さらに、明治 29

INFO

1) 林野庁「保安林制度の概要」
https://www.rinya.maff.go.jp/puresu/h15-7gatu/0710/s4.pdf

INFO

2) 林野庁 九州森林管理局「保安林」
https://www.rinya.maff.go.jp/kyusyu/tisan/hoan.html

図 P02-1　公益的機能を発揮させるための日本の土砂崩壊防備保安林の一例 [2)]

年の未曾有の大水害を受けて、明治 30 年に森林法を制定し、官林の禁伐林と伐木停止林を統一して政府の監督権を強化した保安林制度を創設した。

このように制定された保安林制度は、何度かの森林法の改正を経て、現在は、災害の防備のほか、水源涵養や生活環境の保全の場の提供といった公共目的を達成するため、特にこれらの機能を発揮する必要がある森林を保安林として指定し、立木の伐採、土地の形質変更行為等の規制により、その森林の適切な保全と森林施業を確保する制度となっている。

保安林における立木の伐採に当たっては、指定された方法・限度に従ったものとすることが必要であり、また、森林所有者等が保安林の立木を伐採した場合には、指定施業要件として定められている方法、期間及び樹種に従って植栽を実施する必要がある。都道府県知事は、許可を受けないで立木の伐採や土地の形質変更等を行っている者に対しては、中止命令、造林命令、復旧命令を、また、植栽の義務に違反し、植栽を実施しない者に対しては、造林に必要な行為を命令する。

一方、保安林にかかる損失補填としては、指定施業要件における伐採の方法が禁伐又は択伐とされて いる保安林（標準伐期齢以上）を対象に、立木評価額の 5 % に相当する額を補償する。また、不動産取得税、固定資産税及び特別土地保有税は非課税とし、相続税及び贈与税については、保安林における伐採の制限の内容に応じ、林地及び立木の評価額の一定割合を控除するなどの優遇措置がとられている。

保安林制度は森林所有者の権利を公共目的のために制限するものであり、開発途上国において一朝一夕に導入が可能な制度ではない。このため、まずは災害リスク回避のための対策に対する様々なステークホル

ダーのコンセンサスの醸成が必要となるが、将来の課題として、気候変動による自然災害リスクの高まりに対する、保安林制度のような公共目的の制度の創設も視野に入れるべきである。

森林を活用した防災・減災のための土地利用計画

森林の防災・減災機能を発揮させるための土地利用計画を策定するためには、対象とする地域の特徴や想定される自然災害の種類を踏まえる必要がある[3)]。土地利用計画には、非空間的な要素と空間的な要素の両方が含まれる[4)]。非空間的な要素としては、必要な資源の列挙、計画がカバーする期間、戦略や行動、関係者などが挙げられる。災害は特定のエリアを襲うため、災害によるリスクを軽減する計画を立てる際には、空間的な要素が非常に重要である。そして、空間的に土地利用計画を立てることは、ローカル、リージョナル、グローバルのいずれのレベルでも、さまざまな目的のための土地利用を規定、規制、決定するのに役立つ。

森林の防災・減災機能を発揮させるには、森林や農地、居住地、その他のインフラなどの空間配置と災害発生地との位置関係も重要になってくる。そのため、土地利用計画の策定に先立ち災害の発生リスクを予測

INFO

3) JICA（2017）生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）の実践ーその効果、国際動向と JICA の取組ー

INFO

4) Nehren U., et al.（2014）The ecosystem-based disaster risk reduction case study and exercise source book. UNDRR, 100pp
（翻訳）古田尚也ほか 2022）災害と生態系：変化する気候の中でのレジリエンス　ソースブック .

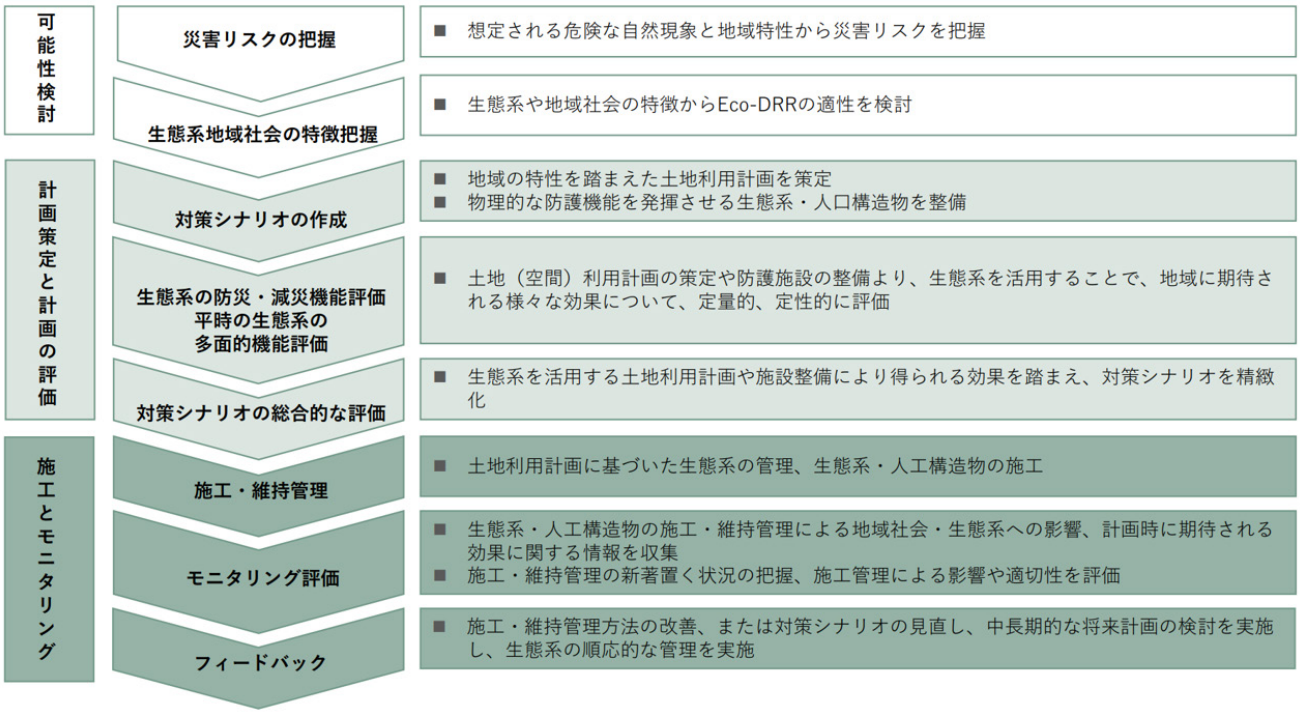

図 P02-2　Eco-DRR の進め方[3)より改変]

するリスクマップを準備する。

次に、災害発生の可能性の高い場所と森林や農地、居住地、その他のインフラなどの空間配置から、物理的な防御機能を発揮させる森林・人工構造物について検討する。森林による防災・減災機能には限界がある。例えば、防災・減災上の観点から斜面の農地に植林しても、その森林が機能を発揮するまでには相当の時間がかかること、また効果については不確実性が高いことを理解しておく必要がある。このことから、特に防災・減災が必要な箇所については、人工構造物である治山施設の導入も考慮して土地利用計画を策定する[3)]。

さらに、策定された計画について、森林を活用することで地域に期待される様々な効果の定性的・定量的な評価を行う。評価する効果は、防災・減災機能に限らず、その地域に恩恵を与える森林の機能による効果も含め、また負の効果についても評価する。その評価を踏まえて、災害リスクに対する対策シナリオを精緻化していく。その際、複数のシナリオの比較や、それぞれの対策シナリオに係る各国・地域の法制度、予算、既存計画の整合性についても検討しておく（図 P02-2）[3)]。

森林を活用した防災・減災のための土地管理

策定された土地利用計画、対策シナリオで期待される森林の防災・減災機能を発揮させるためには、計画策定後の土地管理が重要である。森林は時間の経過とともに成長し、根系による土壌を抑える機能を高める一方で、木材・チップ生産のために伐採されることによって防災・減災機能が低下する時期もある。森林を活用した防災・減災対策は、自然の環境変動、社会状況の変化にも左右されるため、土地利用計画や治山施設の効果が、当初の目標と異なる結果になる可能性がある。そのため、伐採による機能低下を極力小さく抑えるように森林を管理していく。例えば、森林の斜面下部に居住地や重要なインフラがある場合、大規模な斜面崩壊を避けるために、大面積での皆伐を行わず、小面積での伐採が推奨される。また、特に開発途上国では、山中での林道の開設に伴って斜面崩壊のリスクが高まることから、森林管理の中に林道の管理も含めるべきである。

土地管理を進めていても、予測された場所ではないところで災害が発生したり、計画時の前提条件が変更されたりした場合には、森林の防災・減災機能を維持していくのが難しくなることから、改めて土地利用計画を策定しなおす。

Recipe - P03

地域での協働による計画の策定

この上の Recipe は

Recipe - I02　森林を活用した防災・減災の考え方

森林の防災・減災機能を発揮させるための実行性のある土地利用計画を策定するためには、地域住民の生活、自然資源を把握して森林を活用した防災・減災技術の適用の可能性を検討し、地域の特性を踏まえた土地利用計画を策定する必要がある。森林を活用した防災・減災のために策定しなければならない計画は、土地利用計画と、その計画に基づく森林管理を含む土地管理計画の 2 種類である。災害対策の複数の選択肢からより合理的なものを選択するために、定量的な評価や科学的知見は、関心の異なる関係者間での合意形成を図るための共通理解の形成に役立つ。森林ゾーニングは、そのゾーンに割り当てられた機能を発揮するための効率的・効果的な森林管理を実施するのに役立つ。

ステークホルダー間の合意による計画の策定

自然災害が発生した場合、一番の当事者はその地域に生活する住民である。このため、治山施設を含む森林の防災・減災機能についての長所や短所を地域住民が理解した上で、地域の望ましい将来像に沿った対策を取る必要がある（図 P03-1）。地域によっては過去の災害の経験に基づいた災害対策の知恵が受け継がれている場合もあり、地域住民の参加は、こうした知恵を防災に活かしていくためのきっかけとなる [1)]。

INFO

1) JICA（2017）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－

図 P03-1　地域コミュニティにおける情報の共有

森林の防災・減災機能を発揮させるための実行性のある土地利用計画を策定するためには、地域住民の生活、地域産業に利用されている自然資源を把握して森林を活用した防災・減災技術を適用可能かどうかを検討し、地域の特性を踏まえた土地利用計画を策定する必要がある。森林を活用した防災・減災を図るためには行政組織をまたぐ事業連携、民有地を含む対策が求められる。また、セクターの連携により、健全な森林の維持に向けた土地利用や資源管理を誘導し、防災効果を高めていく視点も欠かせない[1)]。

ただし、開発途上国において、とくに急傾斜地などの災害リスクが高い地域に生活する人々は、経済的に苦しい立場にある人が多い。そのため、災害リスクの軽減と家計収入とがトレードオフの関係となるような土地利用計画は、地方の行政機関や NGO、場合によっては科学的根拠を提示できる大学などの様々なステークホルダーを加えて、慎重に策定を進めなければならない。例えば、植林活動に対する収入や森林の管理の仕方、木材を利用する場合の権利、一度に伐採していい面積などの細かな点について、関係者の合意を得ながら計画を進める必要がある。

土地利用計画と管理計画

森林を活用した防災・減災のために地域住民との協働で策定しなければならない計画は、土地利用計画とその計画に基づく森林管理を含む土地管理計画の 2 種類である。森林を活用した防災・減災ための土地利用計画が策定されても、その後、持続可能な形で土地管理がなされないと、計画で想定した機能が発揮できなくなる。土地利用を管理するのは地域住民が主体となることから、住民参加型のプロセスが不可欠である。地域のコミュニティは、持続可能な土地管理と森林を活用した防災・減災において重要な役割を果たす。地域住民は地域の環境、資源に強く依存して生活しており、その環境について専門的な知識を持っていることが多い。そのため、計画に彼らの知識を活かすことは有益であると同時に、計画や政策の中で彼らの権利を明確に位置付けることで、彼らのレジリエンスを高められる[2)]。

通常、森林を活用した防災・減災のための土地利用計画ではリスク管理が主体となるが、この段階で経済性についての検討を加えることが必要である。リスク管理を進める際に、地域住民の経済活動に制約を加える可能性がある。そのため、土地利用に関する地域住民のコンセンサスを得て土地利用計画を策定し、災害リスクに対する対策シナリオについても住民参加型での合意形成を図る。土地利用計画において、治山施設の導入が地域住民のコンセンサスを得る助けとなる場合もある。その場

INFO

2) Nehren U., et al.（2014）The ecosystem-based disaster risk reduction case study and exercise source book. UNDRR, 100pp
（翻訳）古田尚也ほか 2022）災害と生態系：変化する気候の中でのレジリエンス　ソースブック .

図 P03-2　地域のコミュニティによる土地管理

合、治山施設について地方行政機関の担当者が地域住民に説明し、地域住民の治山施設に対する理解を深めておくのがよい。

土地管理は地域住民の生計と生活に大きく関わることから、地域コミュニティが主体となって進めることになる（図 P03-2）。地域コミュニティ内の人々は必ずしも同質でなく、時には争いも見られる。そのため、土地管理計画を策定するには、コミュニティ内及び外部のステークホルダーとの間で、対話と協力の仕組みを構築することが重要である [2)]。森林を活用した防災・減災技術のための土地管理へのコミュニティの参加は、コミュニティの森林を活用した防災・減災に対する能力強化につながり、様々なステークホルダーとあらゆるレベルでの連携が構築される。災害リスクの評価から土地利用計画、土地管理計画までのあらゆるプロセスを地域のコミュニティとともに行うことで、地域住民の理解が促され、最終的には森林を活用した防災・減災のための土地管理のプロセスが長続きすることになる。

科学的根拠の提供

災害対策の複数の選択肢からより合理的なものを選択するために、定量的な評価や科学的知見は地域住民の理解向上に欠かせないだけでなく、関心の異なる関係者間で合意形成を図るための共通理解の形成に役立つ [1)]。例えば、災害リスクマップの提示は土地利用計画を策定する際に様々なステークホルダー間で合意形成を図るための有効な手段となる。災害リスクの危険度とその災害が及ぶ範囲を提示することにより、

災害が生活圏に及ぼす影響が明確になり、土地利用計画の策定の重要性が明確になる。また、土地利用の変更によりどのような便益が生み出されるかについて GIS を用いて視覚化することで、ステークホルダー間の議論がしやすくなる。

森林による物理的防護機能は、治山施設に比べると、その効果が現れるまでに時間がかかること、また、その効果に不確実性が高いことについても、科学的なデータを提示して地域住民の理解を促す。その上で、費用対効果も考慮に入れて、どの危険箇所に治山施設を用いて、どの箇所に森林の防災・減災機能に期待して森林を造成・保全するかを検討するのがよい。

森林のゾーニング

土地利用計画を策定する地域の自然条件や森林に対する社会的ニーズは多様であり、通常一つの森林に対して、その森林が持つ多面的機能が発揮されることが期待される。複数ある機能の中から最も重視する機能に絞って森林を区分していく作業を森林ゾーニングという（図 P03-3）。森林をゾーニングすることにより、そのゾーンに割り当てられた機能を発揮するための効率的・効果的な森林管理を実施することができる。

森林のゾーニングの具体的手順としては、まず、その国の法令による規制の有無、生産性の高さや防災・減災への寄与といった森林の機能の評価を踏まえ、期待される機能を把握する。さらに、森林の有する機能についての地域の要請も勘案しながら、各々の機能に応じたゾーニングを設定する。特に、森林を活用した防災・減災ために保全すべきエリアに留意しながらゾーニングを行う。

図 P03-3　森林ゾーニングの例