

# 1

## 第 1 章 森林を活用した 防災・減災



近年、地球規模で豪雨の強度増加や頻度上昇、非常に気圧の低い低気圧、台風が発生頻度の増加が報告されており、斜面災害の大規模化や頻度上昇、沿岸域での高潮被害の甚大化が顕著になってきている。加えて、山岳地域や沿岸域における森林から農地への土地転換等の無秩序な土地利用改変は、これらの被害を深刻化させている。このため、このような気候変動に起因する自然災害に対する効果的な適応策が世界共通の課題となっている。

本章では、森林が有する機能や、その機能を活用した防災・減災の考え方について解説する。次に、気候変動の影響で世界で激甚化する自然災害について現状を紹介し、そのような状況下において、森林が防災・減災に果たす役割とリスクについて解説する。

Recipe - I01 森林の機能とは？

Recipe - I02 森林を活用した防災・減災の考え方

Recipe- I03 激甚化する自然災害

Recipe- I04 森林が防災・減災に果たす役割とリスク

## 森林の機能とは？

森林は、生物多様性保全機能、地球環境保全機能、土砂災害防止機能／土壌保全機能、水源涵養機能、快適環境形成機能、保健・レクリエーション機能、文化機能、物質生産機能といった人間の生活に大きく関わる様々な機能を有している。森林が有する様々な機能のうち、防災・減災に役立つ機能としては、土砂災害防止機能／土壌保全機能や水源涵養機能があげられる。このような森林の多面的機能を将来にわたって維持するためには、森林の適切な管理が重要である。特に伐採跡地においては、次の世代の森林が成林しないと伐採前に発達した根系の腐朽が進み、森林の防災・減災機能が低下することになる。

### 森林の有する機能

森林は、人間生活に直接的、間接的に役立つ多くの機能を有している。一般的に多面的機能と呼ばれる森林の有する機能は、大きく分けて、生物多様性保全機能、地球環境保全機能、土砂災害防止機能／土壌保全機能、水源涵養機能、快適環境形成機能、保健・レクリエーション機能、文化機能、物質生産機能に分類される（図 I01-1）<sup>1), 2)</sup>。近年、気候変動の緩和策として、森林が大気中から二酸化炭素を吸収し、炭素を樹体内に有機物として固定するとともに、酸素を放出する地球環境保全機能に注目が集まっている。一方で、顕在化する気候変動の影響による自然災害に適応するため、森林の土砂災害防止機能／土壌保全機能や水源涵養機能にも関心が高まっている。

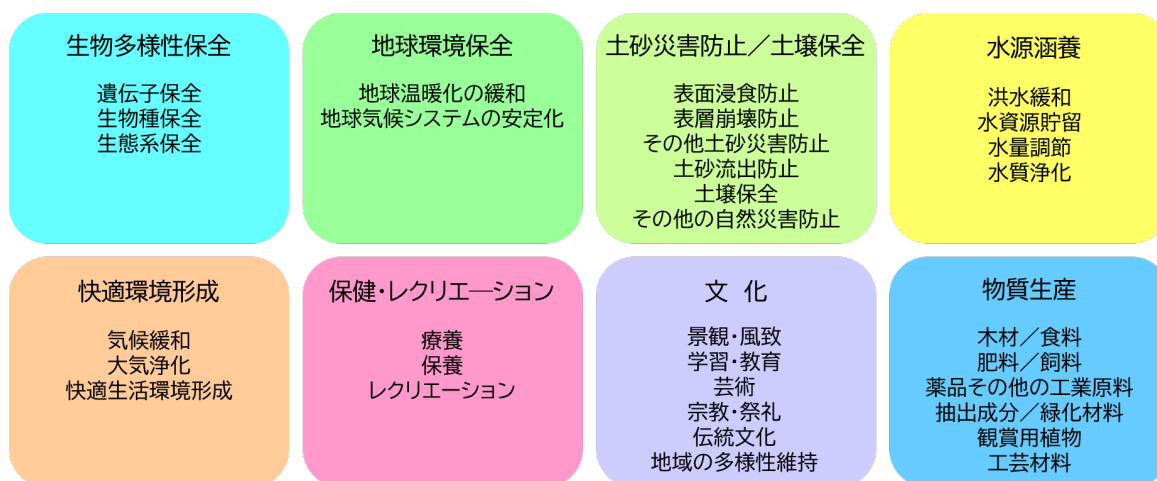
物質生産機能には、燃料材、建築材、木製品原料、パルプ原料といった環境に優しい資材である木材の生産のほか、きのこ等の食料の生産、肥料、飼料、薬品その他の工業原料、緑化材料、観賞用植物、工芸材料の生産といった機能が含まれる。生物多様性に対しては、遺伝子や植物種、動物種、菌類といった生物種の保全、生態系の保全といった根源的な機能を有している。地球環境保全機能としては、光合成により二酸化炭素を吸収して炭素を固定したり、化石燃料代替エネルギーとしての利用による温暖化緩和の機能のほか、蒸散作用によって気温を下げることにより地球規模での自然環境を調節し地球気候システムの安定化に寄与する機能があげられる。途上国で森林減少、劣化が進行すると、この

#### INFO

1) 日本学術会議（2001）地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について（答申）

#### INFO

2) 林野庁（2018）平成29年度森林・林業白書

図 I01-1 森林の有する多面的機能<sup>1), 2)</sup>

機能が損なわれるばかりでなく、その際の伐採により大量の二酸化炭素が大気中に放出されることで、温暖化の進行につながることも懸念されている。そのため、気候変動枠組条約（United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC）締約国会議（Conference of the Parties: COP）において、REDD プラスという枠組みを作り、森林の持つ地球環境保全機能の維持を図っている。

これらの多面的機能は、森林が生育する自然的条件や社会的条件により、その価値が大きく変化する。例えば、雨の少ない平坦な地域に生育する森林は土砂災害を防止する機能はなく、また、アクセスの困難な森林に対して、保健・レクリエーション機能や文化機能を期待することはできない。加えて、森林の生育する地域を超えて、あるいはその地域以外で発揮される機能もある。水源涵養機能は、森林の生育する地域はもちろん、その下流域において機能の恩恵を被る。また、地球温暖化の緩和や地球の気候の安定を図る地球環境保全機能は、地球レベルでの課題に寄与する機能である。

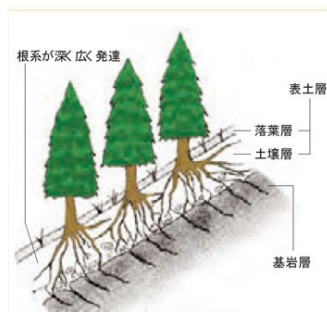
## 防災・減災に役立つ機能

森林が有する様々な機能のうち、自然災害に対する防災・減災に役立つ機能としては、土砂災害防止機能／土壌保全機能や水源涵養機能があげられる。

### ・土砂災害防止機能／土壌保全機能

土砂災害防止機能／土壌保全機能とは、森林が張り巡らす根系によっ

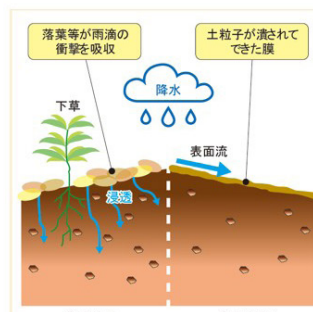
## 表層崩壊防止



森林・林業白書(2023)

森林の樹木の根は浅い土層や岩石を固定し、表層崩壊を防ぐ。

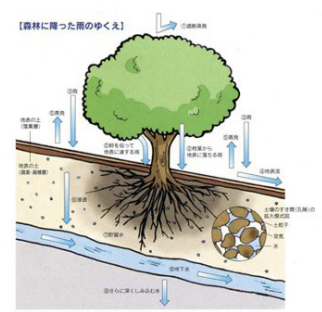
## 表面侵食防止



森林・林業白書(2023)

落葉等が雨滴の衝撃を吸収し、雨水の土壌への浸透を助け、地表面の侵食を防ぐ。

## 洪水緩和



全国林業改良普及協会

森林は降水を受け止めて土壌に浸透させ、洪水時のピーク流量を低減する。

図 I01-2 森林の防災・減災機能<sup>3),5)</sup>

て土砂の崩壊を防ぎ、樹木や草本が地面を覆うことで、雨による表面土壌の流出を抑える機能であり、根系の成長・発達や下層植生の発達により高い効果が期待できる。具体的には表層崩壊防止機能と表面侵食防止機能がある（図 I01-2）<sup>3)</sup>。

台風や低気圧による豪雨、地震、融雪、噴火、地形改変などにより山の斜面が崩壊することを斜面崩壊といい、崩壊の深さや規模に応じて「表層崩壊」と「深層崩壊」に分類される。このうち、森林は樹木の根系の効果により「表層崩壊」を防止する機能がある。なお、深層崩壊の場合は樹木の根による土砂や岩石をつなぎとめる力が及ばず、森林の機能によって崩壊を防ぐことはできない。また、豪雨により、根系を含む表層土壌層が崩れ落ちることもあり、森林の表層崩壊防止機能の限界を認識しておく必要がある。森林の表層崩壊防止機能は発達した根系によって効果が期待できるため、森林を伐採し、根系が腐朽することで、その機能は低下する。根系が完全に腐朽するには数年かかるが、その過程において、水平に張りめぐらされる根系によるネット効果や垂直方向に伸びる根系による杭効果は徐々に失われていく<sup>4)</sup>。

表面侵食は、気象、地形、地質、植生など様々な要因が関係して発生する。特に、雨滴の衝撃により地表面の土壌構造が破壊され、水が土壌中に浸透しにくくなり、傾斜に沿って発生する表面流が地表面を削ることによって表面侵食が進行する。これに対し森林では、植生地上部や落葉層による雨滴エネルギー減殺機能、茎や落葉層による地表流の流速減殺機能、土壌の浸透能改善による地表流の流量減少機能、根系による地

### INFO

3) 林野庁（2023）令和4年度森林・林業白書

### INFO

4) 林野庁森林整備部治山課（2023）森林の根系が持つ表層崩壊防止機能



表流の掃流力に対する土粒子緊縛機能が働くことで表面侵食を防いでいる。

#### ・水源涵養機能

森林の水源涵養機能については、落ち葉や下草に覆われた森林土壌が重要な役割を果たす。降水を樹冠や下草等で受け止め、その一部を蒸発させた後、保水力の高い森林土壌に蓄え、そこから時間をかけて河川に流出させることで、洪水時のピーク流量を軽減させる機能を発揮する（洪水緩和機能）（図 I01-2）<sup>5)</sup>。また、森林土壌や岩盤などの深いところに蓄えられた水は、その中を様々な経路や速度で移動することによって雨の降らない時期の河川に流れ出て、一定の水量を保持するのに役立っている（水量調整機能）。また、森林土壌は浸透した水をろ過し、流出する水の濁りを浄化する効果もある（水質浄化機能）。これらの機能を総称して水源涵養機能という<sup>3), 6)</sup>。このうち防災・減災に役立つ機能は洪水緩和機能である。

#### INFO

5) 全国林業改良普及協会  
(2007) 森を知るデータ集  
No.2 森林の働き . 16 pp

#### INFO

6) 林野庁森林整備部治山課  
(2023) 森林の水源涵養機能  
の発揮に向けて

## 森林の機能を維持するための適正な森林管理の重要性

森林の多面的機能が将来にわたって持続的に発揮されるようにするためには、人間の働きかけによって健全な森林を積極的に造成し、育成する適正な森林管理が必要となる。伐採跡地等で森林の機能を早期に回復するためには、植栽を行うことが一般的である。伐採跡地に植栽を行わないと、再び森林として再生するまでに非常に長い時間がかかるだけでなく、植生条件等によっては十数年経過後も低木や先駆種が優占し、高木性樹種が十分に見られない場合がある。植栽によって再生した森林は、その後も適切な保育、間伐等が必要となる。これらの作業を適切に行わないと、植栽木が他の植物により被圧され、十分に生育できないことになる。このように伐採跡地において、長い時間、次の世代の森林が成林しないと伐採前に発達した根系の腐朽が進み、森林の防災・減災機能が低下することになる。

## 森林を活用した防災・減災の考え方

この上の Recipe は

Recipe - 101 森林の機能とは？

生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）は、自然災害リスクに対して生態系が果たす役割に注目し、これを積極的に活用するアプローチである。Eco-DRRにおいて、特に森林の果たす役割は大きい。「グリーンインフラ」は、幅広い生態系サービスを提供するために設計・管理された自然・半自然地域とその他の環境特性からなる戦略的計画ネットワークで、人工的なインフラを指す「グレーインフラ」と対比して定義される。治山技術は、山腹斜面の安定化や荒廃した溪流の復旧整備等を実施し、森林の維持・造成することで森林の機能を維持・向上させる技術である。治山は、適切な土地利用計画や土地利用制限、住民の防災意識の啓発を進めることで、より高い効果が期待できる。

### EbA・Eco-DRR・森林を活用した防災・減災

#### INFO

1) CBD 事務局（2009）  
Connecting biodiversity and climate change mitigation and adaptation: Report of the second ad hoc technical expert group on biodiversity and climate change

#### INFO

2) UNFCCC（2008）  
Ideas and proposals on the elements contained in paragraph 1 of the Bali Action Plan

「生態系を活かした気候変動適応（Ecosystem-based Adaptation：EbA）」とは、気候変動の悪影響に適応するための適応戦略の一環として、生物多様性と生態系サービスを利用することである<sup>1)</sup>。EbAは嵐や洪水の被害、沿岸侵食、淡水資源の塩害、農業生産性の低下等、気候変動の影響から人間社会を守るために利用することができる。EbAという言葉は、2008年に開催されたUNFCCCのCOP14にて、国際自然保護連合（IUCN）とその加盟機関によって初めて紹介された<sup>2)</sup>。さらに、2009年には生物多様性条約（Convention on Biological Diversity：CBD）の下、EbAを正式に定義する専門家グループ報告書が出された<sup>1)</sup>。

生態系を活用した防災・減災（Ecosystem-based Disaster Risk Reduction：Eco-DRR）はEbAの概念と密接に関連しているが、気候変動による災害に限定されるものではない。Eco-DRRは、自然災害リスクに対して生態系が果たす役割に注目し、これを積極的に活用するアプローチである。例えば、津波や落石の影響の軽減や、地震の際の安全な避難場所を確保するアプローチもEco-DRRに含まれる。Eco-DRRにおいて、特に森林の果たす役割は大きい。近年、各種の国際枠組みにおいて、適応、防災・減災、Eco-DRRに関連する議論や決議が行われてきた（表102-1）。

Eco-DRRの基本的な考え方は、「自然的な土地利用を維持することによる暴露の回避（居住、利用しない選択）と、森林やサンゴ礁など、生

生態系の物理的な防護による脆弱性の低減（危険減少の影響の緩和）により、自然災害リスクを下げること」（図 I02-1）<sup>3)</sup>とされている。ここで暴露の回避とは、土砂災害の起こるリスクの高い急斜面の近くや、津波・高潮の影響を受けやすい海岸沿岸部など、自然災害に対して脆弱な土地における住居や道路インフラ施設の建設を避けて、人命や財産が危険な自然現象にさらされることを回避することを指す。また、脆弱性の低減とは、災害に対する社会の脆弱性を低減すること、海岸林が海からの風や飛砂から人家を守り、津波エネルギーを減衰するなど、危険な自然現象を軽減する物理的な緩衝として生態系を機能させることである。

環境省<sup>3)</sup> 及び JICA<sup>4)</sup> によって、Eco-DRR は生態系の保全・管理（保護区の設置など）、劣化した生態系の再生（森林等の適切管理など）、新たな生態系の造成（新たな造林など）、生態系と人工構造物の融合（治山事業など）の 4 類型に分類される。

森林を活用した防災・減災では、例えば植林木の維持や管理等その後のケアも機能発揮のために非常に重要になる。数十年にわたって機能を

#### INFO

3) 環境省（2016）生態系を活用した防災・減災に関する考え方

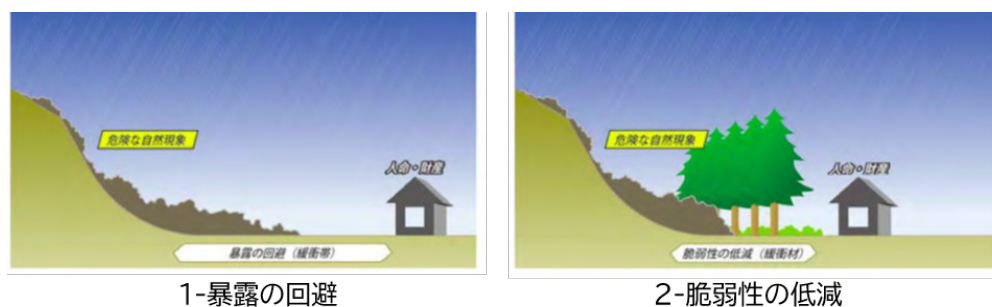
#### INFO

4) 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～

表 I02-1 主な国際枠組みにおける適応、防災・減災、Eco-DRR 等に関する議論や決議・取組

| 国際枠組み                                | 適応、防災・減災、Eco-DRR 等に関する議論や決議・取組                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 国連防災世界会議「仙台防災枠組 2015-2030」（2015 年）   | 2015 年 3 月に仙台で開催された第 3 回国連防災世界会議において、2015 年以降の防災・減災に関する国際指針である「仙台防災枠組 2015-2030」に合意。生態系が防災・減災の手段として位置づけられ、持続的な利用と管理の強化が重視された。優先事項として、①生態系に基づいたアプローチの国際的な推進、②山岳部や河川・氾濫原の災害リスクの高い地域における災害リスク評価、③生態系の持続的な利用・管理と災害リスク低減を統合した環境・天然資源管理アプローチの実施、が挙げられている。 |
| 国連気候変動枠組条約「パリ協定」（2015 年）             | 2015 年 11 月の第 21 回締約国会議（COP21）でパリ協定を採択。第 7 条に適応が位置づけられた。気候変動適応策における生態系への配慮の必要性に言及している。                                                                                                                                                              |
| 生物多様性条約「生物多様性、気候変動及び災害リスク軽減」（2014 年） | 2014 年の第 12 回締約国会議において、議題の 1 つとして「生物多様性、気候変動及び災害リスク軽減」が取り上げられ、各国が国内の災害リスク削減に関する施策の中で生態系を活用した手法を取り入れるよう勧告された。                                                                                                                                        |
| ラムサール条約（2014 年）                      | 2014 年の第 12 回締約国会議において、湿地生態系による防災上の役割を認め、湿地を基盤とした防災を国家戦略や関連政策等に組み込むことや、湿地の災害リスクを評価すること等を締約国に奨励。                                                                                                                                                     |
| 環境と災害リスク削減に関するパートナーシップ（PEDRR）        | 国連環境計画（UNEP）、国際自然保護連合（IUCN）等の国際機関や NGO、研究機関から成り 2008 年に設立。Eco-DRR の推進と実施拡大、国際・国・地方レベルの開発計画への主流化に取り組んでいる。                                                                                                                                            |



図 I02-1 Eco-DRR に適用される減災の原則<sup>3)</sup>

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。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する、効果発現量の不確実性が高いといった弱みを有する。こうした森林を活用した防災・減災の弱みや制約を認識したうえで、一方で森林・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、手法として森林を活用した防災・減災を選択することを総合的に判断すべきである。

## グレイインフラとグリーンインフラ

グリーンインフラは、水質浄化、大気質、レクリエーション空間、気候緩和・適応等、幅広い生態系サービスを提供するために設計・管理された自然・半自然地域とその他の環境特性からなる戦略的計画ネットワークである<sup>5)</sup>。グリーンインフラは、雨水管理、気候適応、熱ストレスの軽減、生物多様性の増加、食糧生産、大気質の改善、持続可能なエネルギー生産、きれいな水、健全な土壌等様々な領域で活用できる他、町や都市の周辺でレクリエーションや日陰やシェルターの提供を通じて生活の質を高めるといった人間中心の機能にも活用される。また、社会、経済、環境の健全性のために生態学的な枠組みを提供する役割も果たす。例えば、動物の移動を容易にするために緑の回廊のネットワークを計画した事例もある。

グリーンインフラは、交通網や水路網等の人工的なインフラを指すグレイインフラと対比して定義される。一方、屋上緑化や壁面緑化、生態系の継続性を考慮した交通インフラ等、グリーンとグレイのハイブリッ

### INFO

5) 欧州委員会（2013）  
Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Green Infrastructure (GI) - Enhancing Europe's Natural Capital

ドなインフラの例もある。さらに、グリーンからグレーへのグラデーション段階に位置付けられるインフラもある。日本は、防災を含めた概念としてグリーンインフラを位置付けている。ただし、グリーンインフラの概念が導入される以前より、日本は自然環境による防災・減災の機能の発揮を活用してきた<sup>6)</sup>。2019年、国土交通省は「グリーンインフラ推進戦略」を策定した。同戦略では、整備すべきグリーンインフラの役割として、関連する災害リスクの低減を含む気候変動への対応、地域活性化、生態系機能等、様々な役割を強調している<sup>7)</sup>。

#### INFO

6) 国土交通省（2016）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

#### INFO

7) 国土交通省（2019）グリーンインフラ推進戦略

## 治山の思想

治山技術は、山腹斜面の安定化や荒廃した溪流の復旧整備等を実施し、森林を維持・造成することで森林の機能を維持・向上させる技術である。これにより、森林の土砂災害防止機能や土壌保全機能、水源涵養機能が高められ、斜面崩壊などの山地災害から住民の生命・財産を守るとともに、洪水緩和機能により水害のリスクを軽減できるため、総合的な防災対策として大きく貢献できると期待される。さらに治山技術は、森林の炭素固定による温暖化対策への貢献も期待できるという点でも優れている。

治山は、適切な土地利用計画や土地利用制限、地域住民の防災意識の啓発を進めることで、より高い効果が期待できる。対象となる開発途上国においては、地域住民の協力を得て、伝統的な知恵や技術を活用することで、持続可能な治山を実現することが可能である。このように治山の思想は、防災・減災だけでなく、環境保全や地域社会の活性化にも寄与するのである。

## 激甚化する自然災害

世界的に気候変動に伴う自然災害リスクが高まり、災害が激甚化してきている。過去30年で、最も多く報告された災害は洪水・鉄砲水で、災害の報告が最も多い地域はアジアである。世界で発生した斜面災害・地すべりの6割はアジアで報告されている。経済成長期には伝統的な土地利用のルールが軽視される傾向が強く、災害リスクの高い土地が利用されることで山地災害の発生につながりやすい。このような地域においては、適切な土地利用計画や土地利用制限、住民の防災・環境意識が必要である。気候変動に伴う極端現象は先進国のみならず開発途上国にも影響を与え、特に低緯度のアジア地域の開発途上国では、豪雨の強度や頻度が高まることが懸念されている。

### 自然災害の種類と傾向

世界的に気候変動に伴う自然災害リスクが高まり、災害が激甚化してきている。加えて開発途上国では、森林から農地への土地転換等、無秩序な土地改変が災害を深刻化させている。過去30年で、最も多く報告された災害は洪水・鉄砲水で、災害全体の4割以上を占めている。これに対し、斜面崩壊・地すべりは5.6%と災害としては余り大きな割合を

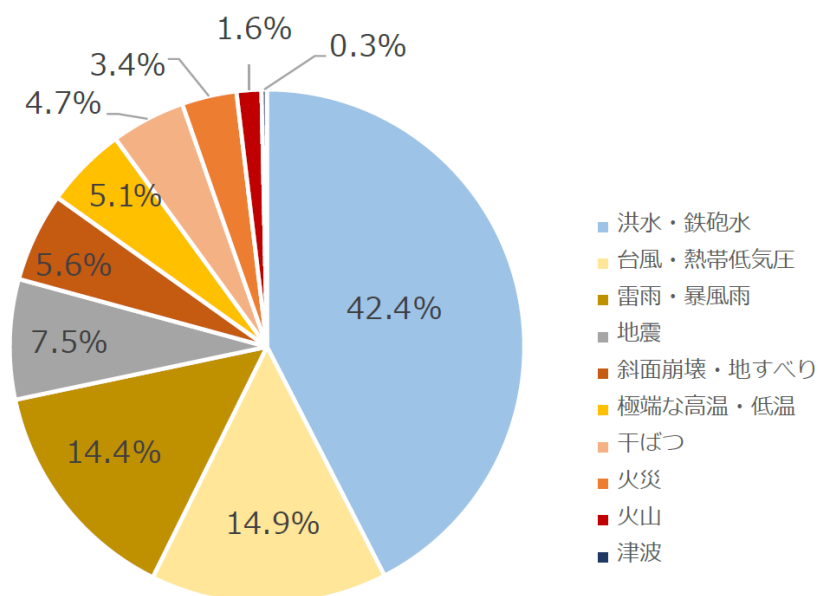


図 I03-1 世界の災害の発生件数（1991～2020年、10,045件）<sup>1)</sup>より作成

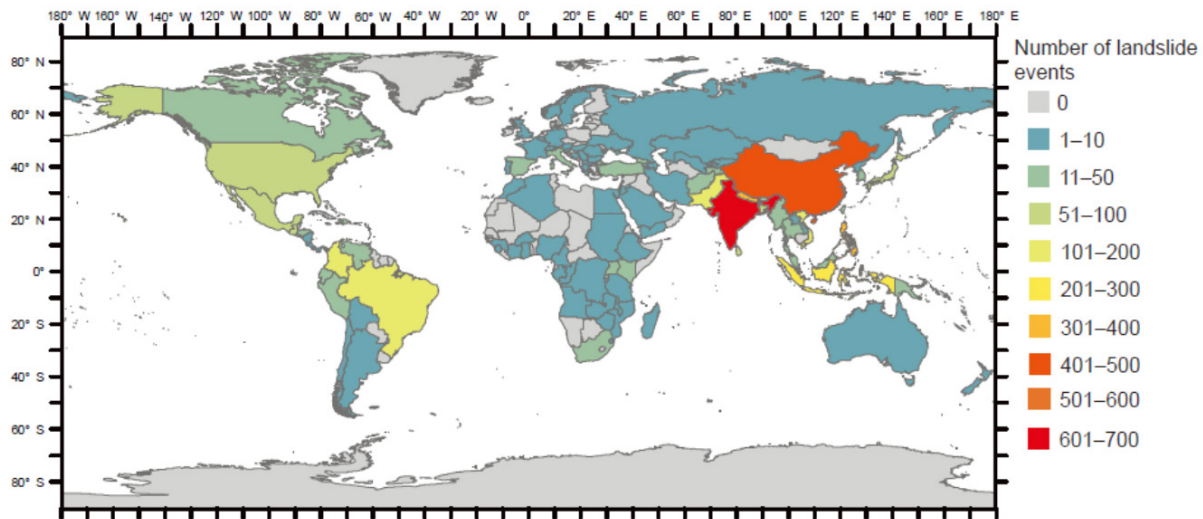


図 I03-2 死者の出た地震以外の原因での地すべりの国別発生件数 (2004-2016 年) <sup>2)</sup>

占めていない。ただ、斜面崩壊・地すべりは、洪水・鉄砲水や地震、台風・熱帯低気圧が発生した際に、副次的に発生することがある。その場合、洪水・鉄砲水や地震、台風・熱帯低気圧の被害として一括計上されているケースが多く、実際の斜面崩壊・地すべりによる被害は、データの値よりも大きいと推定される（図 I03-1）<sup>1)</sup>。

全世界で発生した斜面崩壊・地すべりの 6 割は中国、インド、インドネシア、ネパールなどのアジアで報告されている（図 I03-2）<sup>2)</sup>。アジアの面積が世界の陸地面積に占める割合は 3 割に満たないが、アジアの人口密度は高く、世界の約 6 割がアジアで生活をしている。またアジアには複数のプレート境界が存在しており、様々な海溝や造山帯を形成する。さらに、夏季にはインド洋及び太平洋から発生する大量の水蒸気が大量の降雨をもたらす。こうした要因によって、他の地域と比べ、アジアは火山や地震、洪水、台風や熱帯低気圧による災害が多く発生する。

過去 30 年で災害の発生が最も多く報告されている地域はアジアである（図 I03-3）<sup>1)</sup>。2010 年から 2020 年で発生した災害では、被災者数が多いのはアジア、アフリカ、北米の順となるが、経済被害額が大きいのは、アジア、北米、ヨーロッパの順となる。経済被害額の数値について、先進国で発生した自然災害では、災害保険制度等によって多くの情報が収集されること、また被害を受けた家屋等の平均的な値段が開発途上国と比較して高い傾向があることから、被害額が大きくなる。一方、開発途上国の自然災害は、災害保険制度が未発達で、情報を適切に把握することが困難なこと、復興時のインフラ投資や 1 軒当たりの平均的な家屋の値段が先進国と比べて安いことから、被害額が小さく計上される傾向

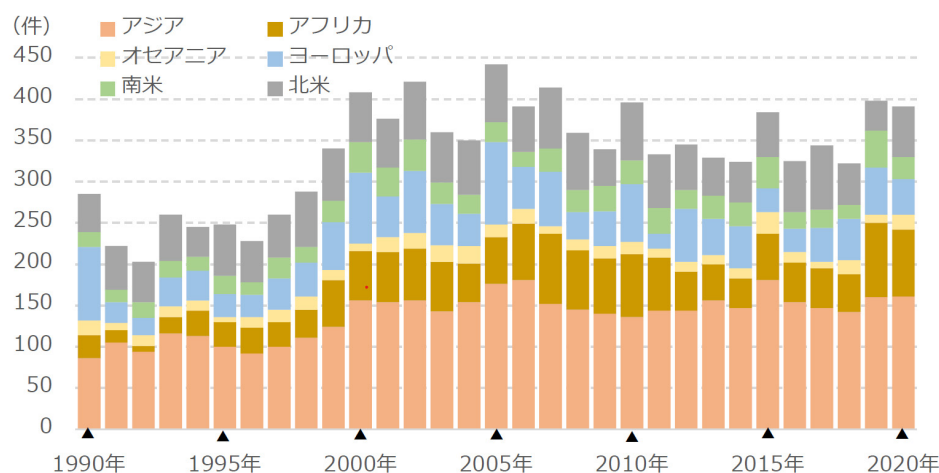
#### INFO

1) EM-DAT  
<https://www.emdat.be/>

#### INFO

2) Melanie J. Froude and David N. Petley (2018) Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 18, 2161–2181



図 I03-3 地域別の災害発生報告数 <sup>1)</sup>より作成

がある。

## 開発によるリスクの増大

国家の経済が急速に成長する際に、不適切な土地利用が原因となって山地災害が頻発化する事例は日本を含め世界各地で認められる。一般的に産業活動が活発化し人口が急増する経済成長期には伝統的な土地利用のルールが軽視される傾向が強く、災害リスクの高い土地が利用されることで山地災害の発生につながりやすい。山岳地域における無秩序な森林伐採や排水機能を考慮しない道路開設は斜面の脆弱性を増大させ、豪雨時の斜面崩壊や表面侵食等の山地災害を引き起こすだけでなく、山麓に生活する人々の生計の手段である農地や家屋に被害が及び、時に人命をも奪う深刻な災害となる。また、沿岸域でのマングローブは、高い消波効果を発揮するだけでなく、マングローブの根系が護岸の役割を果たして海岸侵食を軽減することから、これを伐採して養殖池や農地、水田を開発することにより護岸の機能が失われ、高潮発生時に浸水被害が内陸部へ拡大する結果を招いている。こうした無秩序な土地改変は自然システムの脆弱性や暴露を高め、ハザードの増大と相まって極端現象に対する災害リスクを一層増大させている。

このような地域においては、適切な土地利用計画や土地利用制限、住民の防災・環境意識が必要である。特に災害が起こりやすいモンスーンアジア地域では、適切な土地利用の制限は局所的・短期的には経済活動を制限する側面もあるが、長期的な国家的視点で見れば、住民の安全につながることは疑いようがない。わが国でも、災害リスクの高い場所での宅地開発が災害につながっていると指摘される事例はきわめて多い。

が、防災・減災対策の策定がこれから本格化する開発途上国にあって、計画的な土地利用と防災意識の普及啓発を必須とする治山技術を、沿岸地域においてはマングローブ等による高潮被害に対する沿岸域の防災・減災機能の評価と保全策を早期に導入しておき、土地の持つ災害リスクについて意識を深めておくことは、将来的に防災予算の低減や民生の安定にもつながるもので、未来への投資という点でも費用対効果は極めて高いと考えられる。

## 気候変動に伴うリスク

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第6次評価報告書では、人為起源の気候変動は自然起源の気候変動を超えて幅広い悪影響とそれに関連する損失と損害を自然及び人間に及ぼしていることが指摘されている<sup>3)</sup>。台風、ハリケーン、サイクロンを含む低気圧の異常な発達等に伴って、山岳地域の山地災害及び沿岸域の高潮災害の災害外力（ハザード）となる豪雨の強度増加や頻度上昇、潮位の異常上昇などの多くの極端現象が地球規模で観測されている。IPCCの社会経済シナリオ（SSPシナリオ）による将来予測では、これらの極端現象は今後もより強く、また頻繁になると指摘されており、世界的な災害の激甚化が危惧されている。こうした気候変動に伴う極端現象は先進国のみならず開発途上国においても影響を受け、特に雨季に大雨が降る低緯度のアジア地域の開発途上国では、豪雨の強度や頻度が高まることが懸念されている。

### INFO

3) IPCC (2022) Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability - Summary for Policymakers

# 森林が防災・減災に果たす役割とリスク

この上の Recipe は

Recipe - 102 森林を活用した  
防災・減災の考え方

山地災害は、地質、地形、傾斜、土壌、植生といった素因と、降雨や地震といった誘因とが組み合わさって発生する。森林の土砂災害防止機能は、主に樹木の枝や落ち葉が地面を覆い雨水による土壌の侵食・流出を防ぐ機能と、樹木の根が土砂や岩石を固定することで土砂の崩壊を防ぐ機能の2種類がある。表層崩壊を防止する樹木の根系の機能は、水平方向に伸びる根がネット状に広がり土砂の動きを抑える機能と、樹木の下に垂直方向に伸びる根が杭のように樹木を固定し、崩壊が発生しそうになったときに抵抗力となって土砂の動きを抑制する機能がある。また、海岸林は防災の機能を発揮することによって沿岸域に住む人々の生命や財産を守り、生活を豊かにする役割を担っている。

## 山地災害に対する森林の機能

山地における土砂災害（山地災害）は、地質、地形、傾斜、土壌、植生といった素因が影響している。このうち人間が主体的に関与できるのは植生であり、特に山地においては森林を健全な状態に保つことによって、山地災害の素因を低減することができる。ただし、素因があるだけで山地災害が発生するわけではなく、山地災害発生の引き金となる降雨や地震といった誘因と組み合わさって山地災害が発生する<sup>1)</sup>。特に、近年は気候変動の影響による台風や熱帯低気圧の巨大化、線状降水帯の発生などによって、強い雨が長時間降り続くことにより、山地災害が引き起こされる。

### INFO

1) 林野庁森林整備部治山課  
(2023) 森林が持つ表層崩壊  
防止機能を高めるための森林  
施業の計画に関するガイドラ  
イン（案）

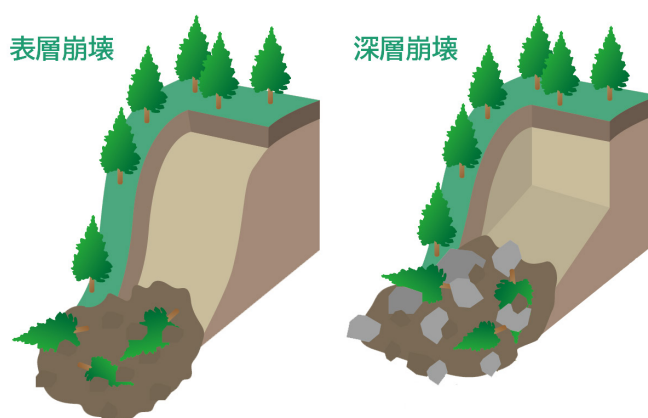


図 I04-1 斜面崩壊の種類<sup>2)</sup>

台風や低気圧による豪雨、地震、融雪、噴火、地形改変などにより山の斜面が崩壊することを斜面崩壊という。斜面崩壊は発生の仕組みや土砂の動き方などにより何種類かに分類されるが、その中でも森林と関係するのが崩壊の深さである。斜面崩壊は、崩壊の深さや規模に応じて「表層崩壊」「深層崩壊」の2つに分類される（図 I04-1）。森林はこれらの崩壊のうち、「表層崩壊」を防止する機能がある。根が届かない深い場所で崩れる深層崩壊を防ぐことはできない<sup>1), 2)</sup>。

山地で発生する表層崩壊と森林との関係については、森林が存在することで崩壊箇所数や発生頻度が減少することが、研究者らの調査によって統計的に示されている。一方で、具体的に森林がどのようにして表層崩壊の発生を減少させるのか、そして特に森林整備の質によってその減少幅はどう影響を受けるのかといった視点からの研究事例は少なく、森林が持つ崩壊防止機能を高めるための森林整備手法は確立されているとはいえない。

森林の表層崩壊防止機能は主にその根系が発揮すると認識されている。本数調整伐等の森林整備が樹木根系に及ぼす影響については、伐採された樹木の根の腐朽や本数調整伐による開空度向上に伴う残存木の根系成長量の増加といった一定の研究成果が蓄積され、その定量評価方法も確立されてきているが、研究は発展途上であり、まだ不明なことも多い。

表層崩壊を防止する樹木の根系の効果は、主に地表に沿って水平方向に伸びる根がネット状に広がり、隣り合う樹木の根同士が互いに絡み合

#### INFO

2) 林野庁森林整備部治山課  
(2023) 森林の根系が持つ表層崩壊防止機能

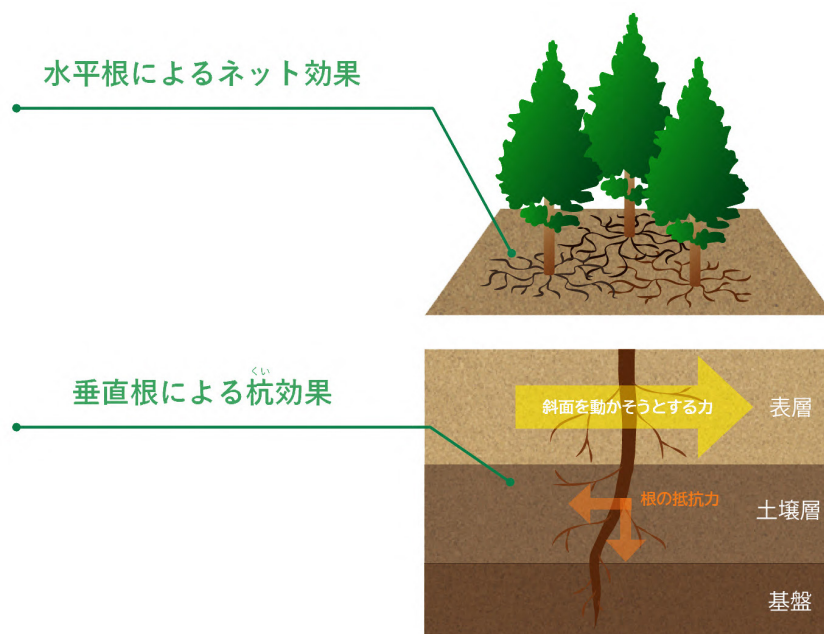


図 I04-2 表層崩壊を防止する樹木の根系の効果<sup>2)</sup>

うことで土砂の動きを抑える機能（水平根によるネット効果）と、樹木の下に垂直方向に伸びる根が深い部分の堅い岩盤の隙間に繋がることで、杭のように樹木を固定し、崩壊が発生しそうになったときに抵抗力となって土砂の動きを抑制する機能（垂直根による杭効果）があげられる（図 I04-2）<sup>2)</sup>。

## 森林の土砂災害防止機能の限界

森林が崩壊防止機能を持つことは明らかであるが、その機能には限界もある。森林がある山でも崩壊が起きているように、全ての表層崩壊を防止することはできない。一定規模以上の豪雨の場合、森林があっても崩壊を抑えることができない場合があることが分かっている。

森林の崩壊防止機能を考える際に気を付けなければならない点が、森林を伐採すると崩壊防止機能が一時的に低下するという点である。また、皆伐と間伐を比べると伐採強度が異なることから根量の低下度合いが変わり、崩壊防止機能の低下度合いとその期間も変わってくる。伐採された樹木の根系は数年で腐朽するため、ネット効果や杭効果は徐々に失われ、崩壊防止機能が低下していくことから、伐採後に新しい樹木を植えたとしても、大きくなるまでの10年～20年くらいまでは崩壊防止機能が低い状態になるといわれている（図 I04-3）<sup>2)</sup>。

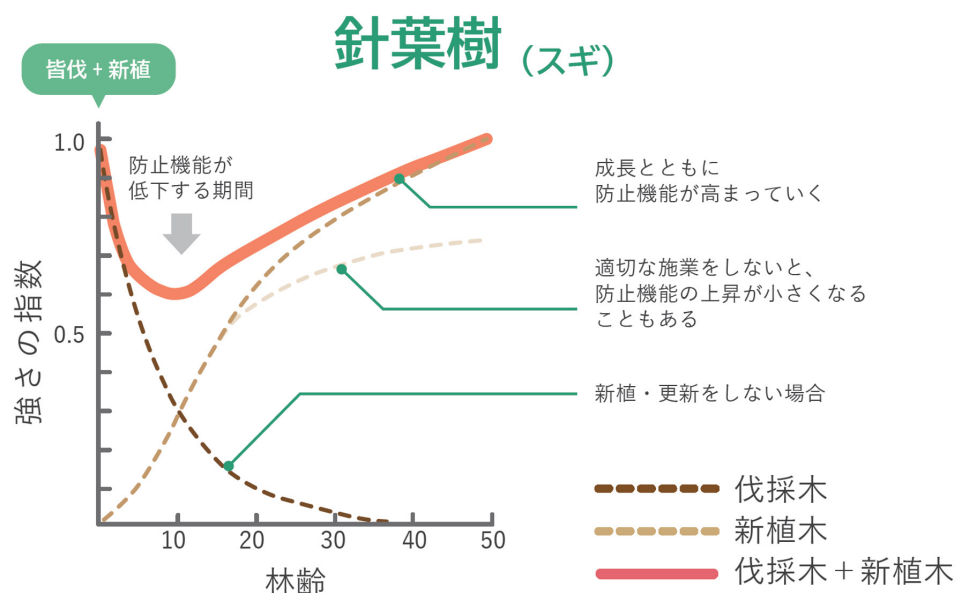


図 I04-3 林齢と森林の崩壊防止機能との関係<sup>2)</sup>



## 海岸林の役割と限界

近年、気候変動の進行に伴い、非常に気圧の低い低気圧・台風の発生頻度の増加が報告されており、沿岸域での高潮や高波の被害が深刻化している。沿岸域でのマングローブを含む海岸林は、海洋からの波の力を緩和するだけでなく、その根系が護岸の役割を果たしている。しかし、経済成長に伴う養殖池や農地の開発により森林が伐採され、海岸侵食が進行している。これにより高潮や高波に対する護岸機能が失われ、高潮、高波が発生した時に、より内陸部へと被害が拡大する結果を招いている。海岸林は防災の機能を発揮することによって沿岸域に住む人々の生命や財産を守り、生活を豊かにする役割を担っている<sup>3)</sup>。

海岸域での代表的な災害である潮害とは、潮風、高潮、津波による被害のことを指す。海岸から濃い塩分を含んだ潮風が内陸深くまで吹き込むと農作物などの植物、建物、自動車やインフラなどに大きな被害を与える。また、台風や発達した低気圧などに伴い海面が異常に上昇する高潮と、海底下で大きな地震が発生した際に海面が変動し発生する津波は、内陸部に海水が入り込むことで住宅や耕地への浸水、人が波にさらわれるなどの被害にいたる場合がある。

海岸林の防災機能を抜本的に高めるためには、林帯幅を広げる必要がある。林帯幅を広げるほど、より規模の大きな高潮や高波、津波に対して渦粘性による波力減殺効果を期待できる。このことで内陸側の樹木に対する波力も減殺されるので生残木が多くなり、林帯としての耐性を高め、漂流物捕捉効果も高めることができる。

### INFO

3) 林野庁森林整備部治山課  
(2023) 災害に強い海岸防災  
林をめざして