

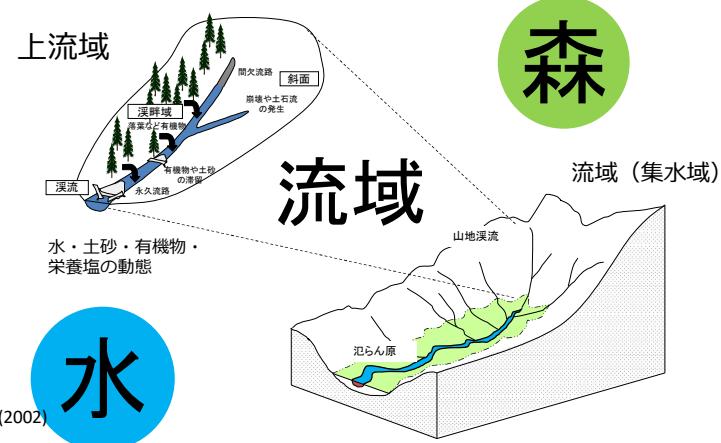
森林・水・土のつながりからみた 神奈川県のNbSの取組

五味高志
名古屋大学

1

1

流域のなかの森林



2

2

Nature based Solution (NbS) とは？

- NBSとは、自然または自然のプロセスを活用して、社会課題（気候変動、災害リスク、食糧・水資源問題など）の解決を図るアプローチ

特徴

- 持続可能性と多面的な効果（環境保全、経済効果、社会的利益など）を目指す
- さまざまなセクター（行政、企業、地域社会など）との協働が不可欠
- 国際自然保護連合（IUCN）などが中心に推進



https://www.shinrin-ringyou.com/ringyou/shinrin_kanri.php



<http://tanazawa-yumekoubou.cocolog-nifty.com/blog/2009/07/post-5ba3.html>

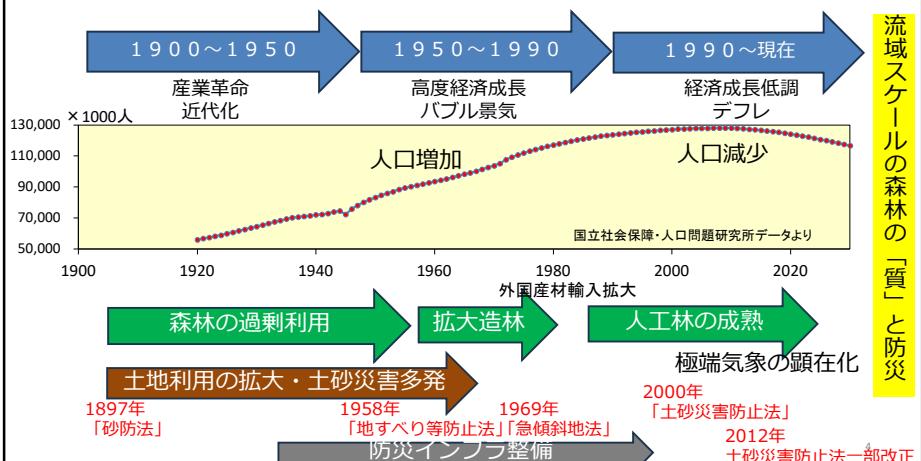


<https://climatetrade.com/nature-based-solutions-for-people-and-the-planet/>

3

3

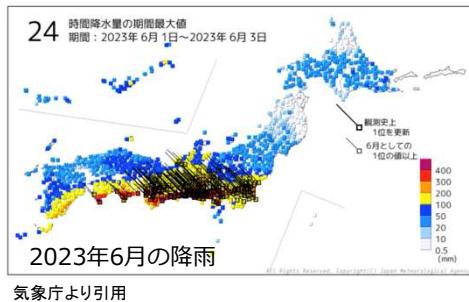
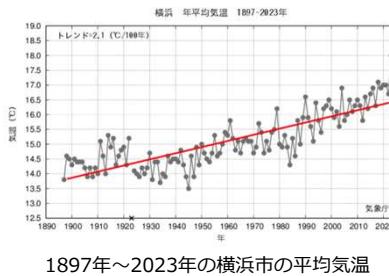
森林と社会の変化とNature based Solutionの必要性



4

1

極端気象の発生と土砂災害



- 2013年以降、全国の3割の気象観測地点で**時間降雨量の観測史上一位**を更新
- 極端気象としての**洪水**と**渇水**による災害や水資源の課題も顕在化

5

これからの流域の森林管理：グリーンインフラとしての森林

グリーンインフラ: Green Infrastructure (GI)

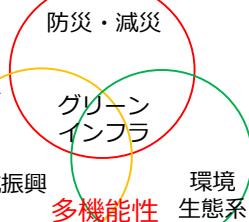
自然環境が有する機能を社会における様々な課題解決に活用しようとする考え方
(国土交通省、平成29年3月) Eco-DRR (生態系がもつ防災・減災機能) (環境省、2016)

既存のコンクリートなどを主体としたインフラを**グレーインフラ**

中村太士(2019)森と川の変貌:人と自然の環境学

森林の**多面的機能**および、
緑の社会資本としての森林
森林林業基本計画

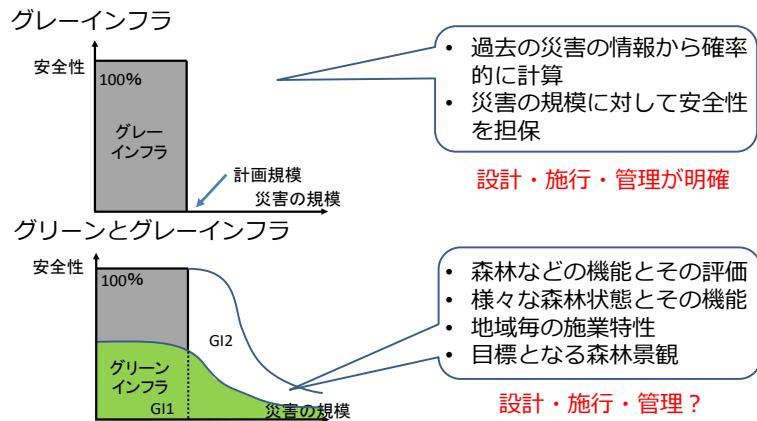
グリーンインフラとしての
森林



自然を守りながら同時に社会課題を解決するNbSは、持続可能な地域社会に欠かせない要素

6

グリーンインフラとグレーインフラの違い



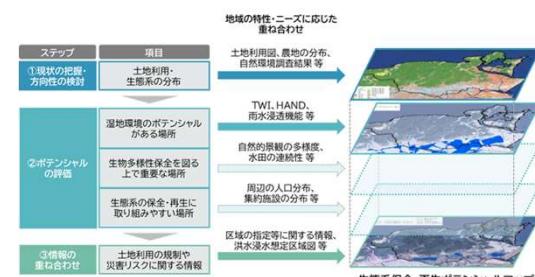
中村太士(2019)森と川の変貌:人と自然の環境学

7

Eco-DRRとは

Eco-DRR (生態系を活用した防災・減災) は、自然の力を活用して災害リスクを軽減する取り組みです。従来のコンクリート中心の防災対策とは異なり、森林、湿地、河川などの生態系が持つ自然の機能を最大限に活用

災害リスクの軽減だけでなく、生物多様性の保全、地域経済の活性化、コミュニティの結束強化など、多面的な効果をもたらす



<https://www.biodic.go.jp/Eco-DRR/index.html>

- ECO-DRRの基礎情報として**地域の特性とニーズの重ね合わせ**が重要
- 地域の**意思決定 (主体的参加)**を考慮する必要あり

8

Eco-DRRと地域社会のかかわり

普段の活動や利用の場が災害時には防災・減災機能を果たす

Eco-DRRの場（空間）は、災害時に地域住民を守るなどの機能をもつが、同時に、地域のリクリエーションや観光資源、景観的な役割、地域活性化などの多様な効果を持つ

日頃から防災・減災意識を持つことが重要

防災・減災における事業を地域住民と切り離さず、行政、地域住民、企業が日頃から防災・減災意識を持ち取り組めることが重要



9

Nature based Solution (NbS) とEco-DRR

GI 気候変動と災害に関係しない自然の仕組みを生かしたインフラ

EbA 災害以外の気候変動に対する自然を基盤とした適応

気候変動によるに対する生態系を基盤とした防災・減災

Eco-DRR 気候変動とは関係のない災害に対する生態系を基盤とした防災・減災

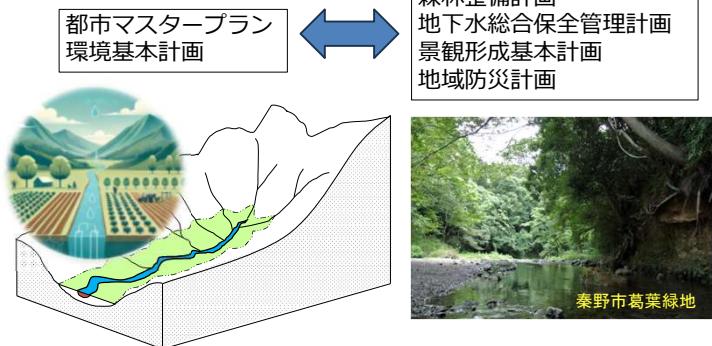
NbS インフラでない自然に根ざした解決策

一ノ瀬(2025)治山のEco-DRRに向けて

10

地域の取組におけるNbS

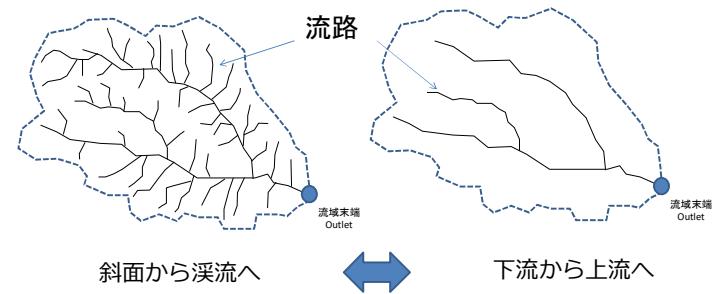
秦野市総合計画に位置付けられる「秦野市緑の基本計画」
「秦野市生物多様性地域戦略」



11

なぜ流域的視点が重要か？

- 地形図上で表示されている河川のみが川ではない
- 小溪流における河川生態的役割
- 森林管理が渓流環境に直接に影響



12

かつての丹沢山地の森林

昭和32年の
玄倉川
玄倉集落



<https://yamap.com/activities/6108378/article>

13

かつての山地からの森林の回復

愛知県瀬戸市



明治34年 萩御殿付近



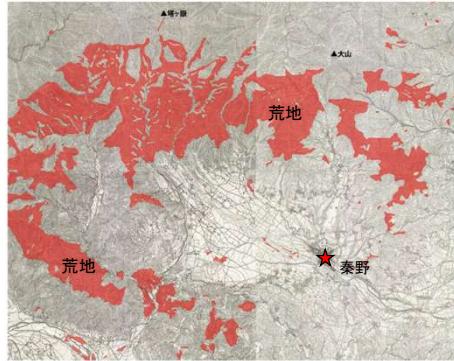
現在の状況

東春日井郡瀬戸町字西茨(現在の愛知県瀬戸市萩殿町一帯)
<https://www.rinya.maff.go.jp/form/pdf/k39.pdf>

14

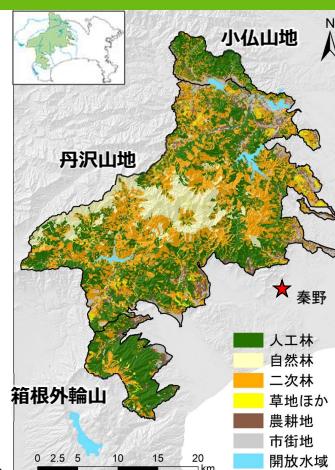
水源林の重要性

明治期の秦野周辺の荒地分布



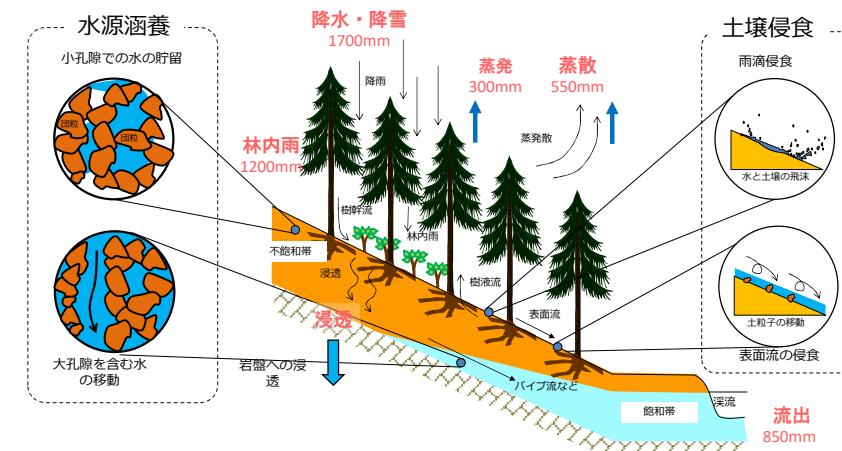
早田旅人(2020)近世丹沢山地の景観と環境
平塚市博物館研究報告『自然と文化』第43号

現在の多様な森林分布⇒



15

森と水のしくみの解明



16

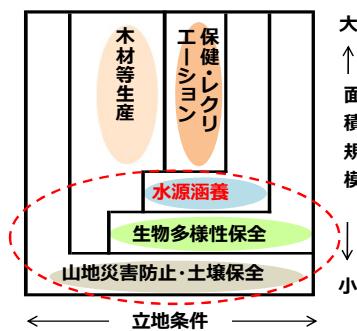
森林の水源かん養機能

洪水抑制：降水が一気に河川に流出して急激に増水するのを抑制

渴水抑制：降水を多く貯えて、ゆっくりと時間をかけて流す

水質浄化：土壤を浸透する間に水質を浄化。

森林機能の階層性 (鈴木, 1994)

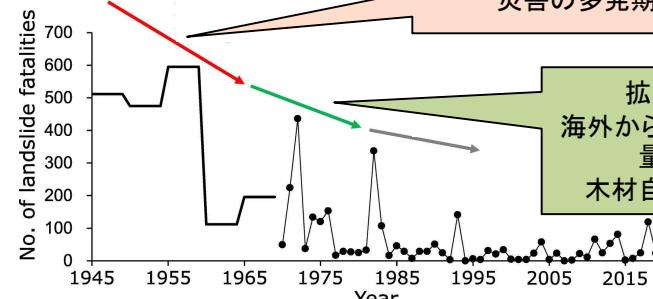


17

森林整備の歴史と土砂災害発生件数推移

森林の過剰利用
災害の多発期間

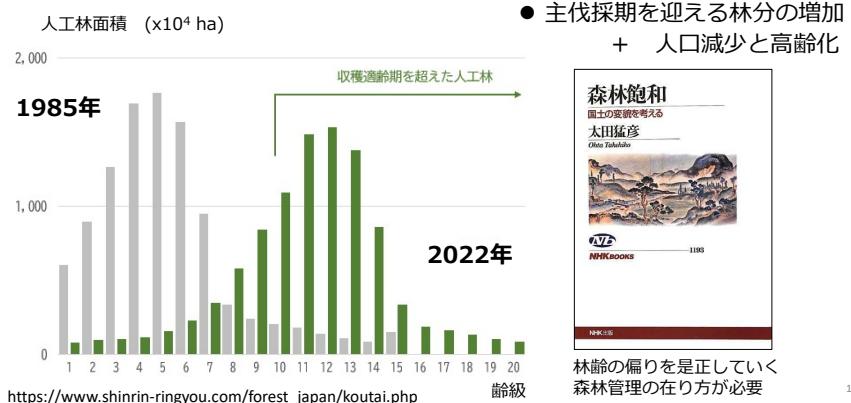
拡大造林
海外からの木材輸入
量増加
木材自給率減少



Shinohara and Kume (2022) Changes in the factors contributing to the reduction of landslide fatalities between 1945 and 2019 in Japan. *Science of the total environment*, 827, 154392.

18

変化する林分構造：高齢級化する林分



19

野生動物管理や人工林管理の課題

・シカの食害



・人工林の荒廃



森林の「質」の低下

20

林床植生衰退と水源涵養機能の変化

森林の有無のみではなく、森林の質としての表土被覆の状態が重要！

通常の森林



降雨



林床植生の衰退した森林



12

適切な森林管理の実施と森林の質

21

間伐による水循環の変化

間伐前 2010年



50%列状間伐直後 2011年



間伐後 2013年



資源対策としての森林管理

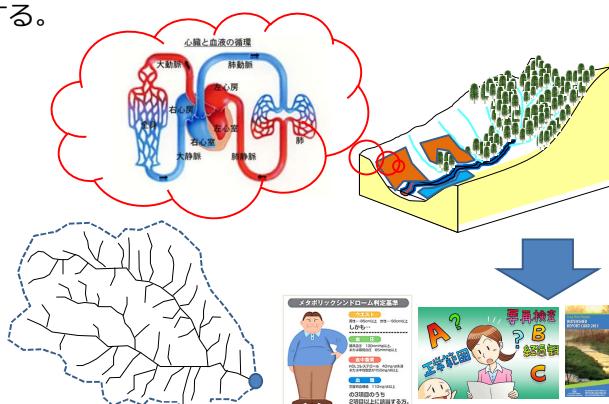


22

21

循環系としての流域の重要性

流域を循環系としてとらえ、定期的診断などを踏まえて、改善点などを検討する。



23

水源環境保全・再生施策「かながわ水源環境保全・再生施策大綱」

目的：将来にわたる良質な水の安定的確保
(自然が持つ健全な水循環機能の保全・再生)

全体計画期間：2007～2026年度 (20年間)
※ 5年ごとに実行計画改訂 (現在第4期)

施策展開の視点：

- ①総合的な施策推進 (水系全体を視野)
- ②県民の意思を基盤とした施策展開 (参加型税制)
- ③順応的管理に基づく施策推進 (自然生態系を対象とした対策)

財源：個人県民税の超過課税

(納税者一人あたりの平均負担額は、年額約880円)

対象地：丹沢大山自然再生計画の対象地は、全域含まれる



丹沢再生の8つの特定課題のうち、5つが水源施策と重なる

24

23

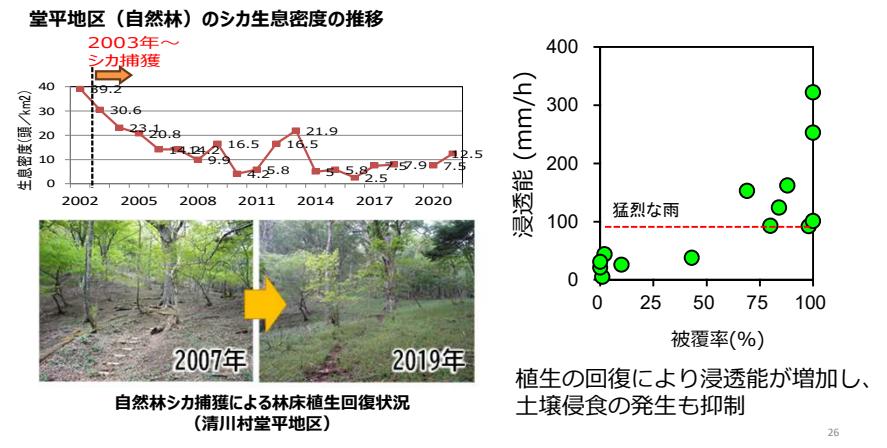
24

神奈川県の水源環境保全税



25

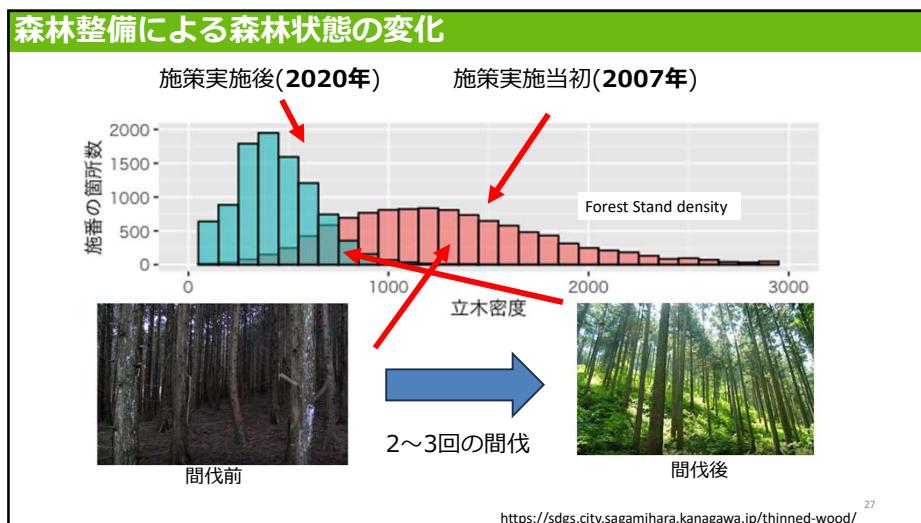
自然林・二次林におけるシカ対策等の効果



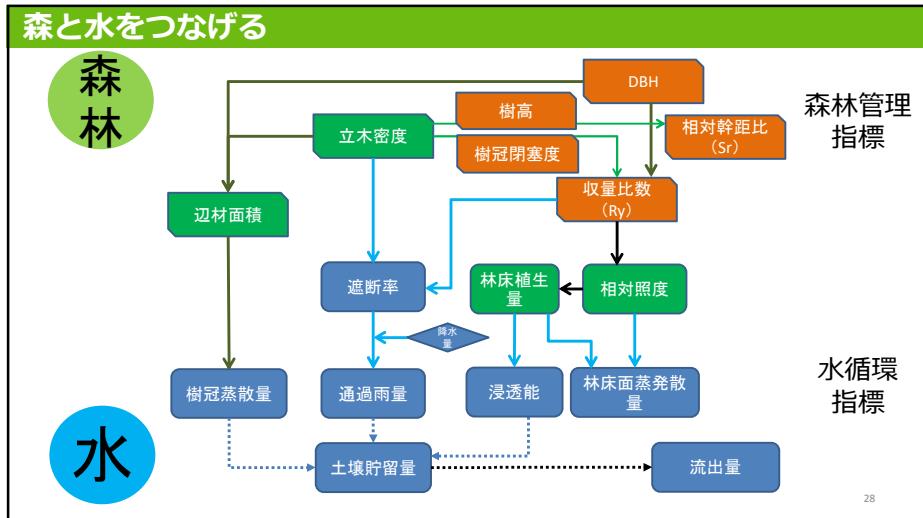
植生の回復により浸透能が増加し、
土壤侵食の発生も抑制

26

森林整備による森林状態の変化

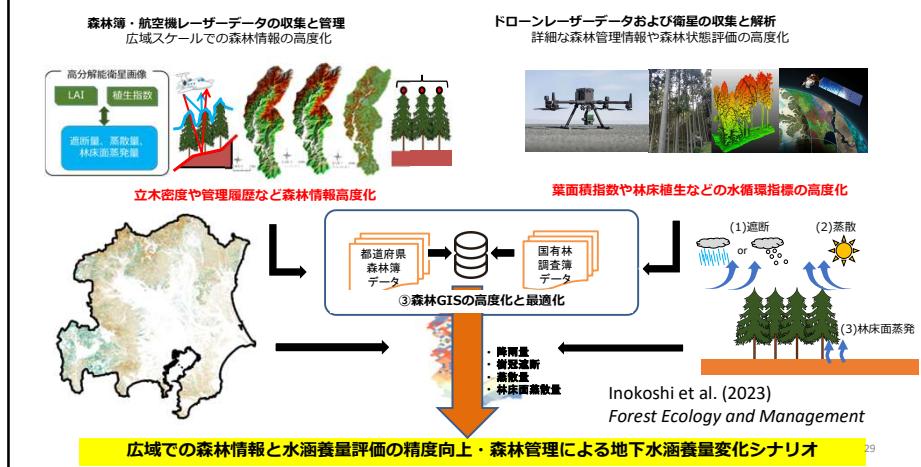


27



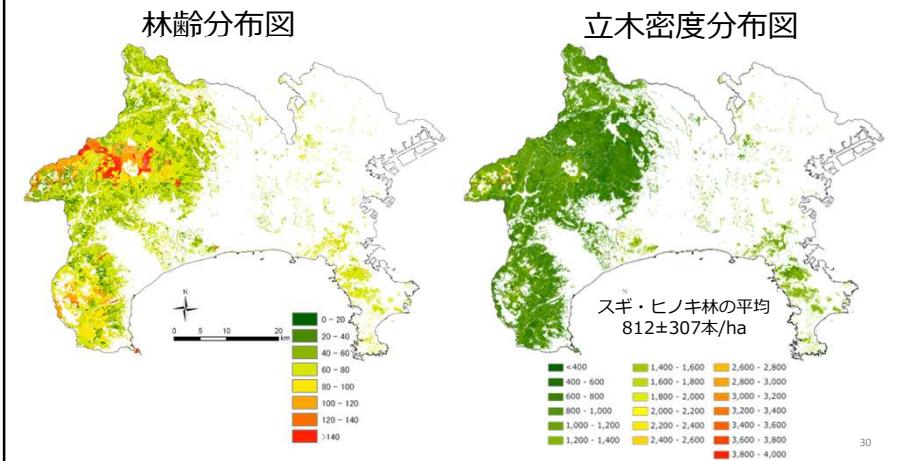
7

広域森林情報の活用と技術開発

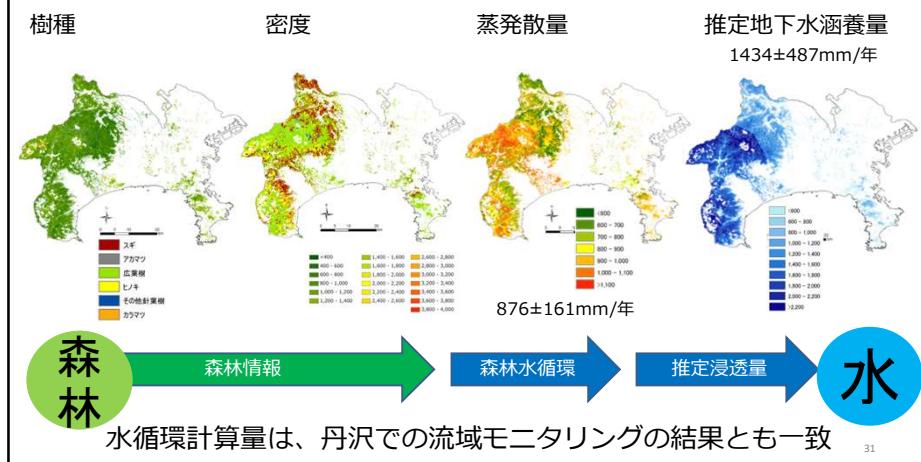


29

神奈川県の詳細な森林情報マップ

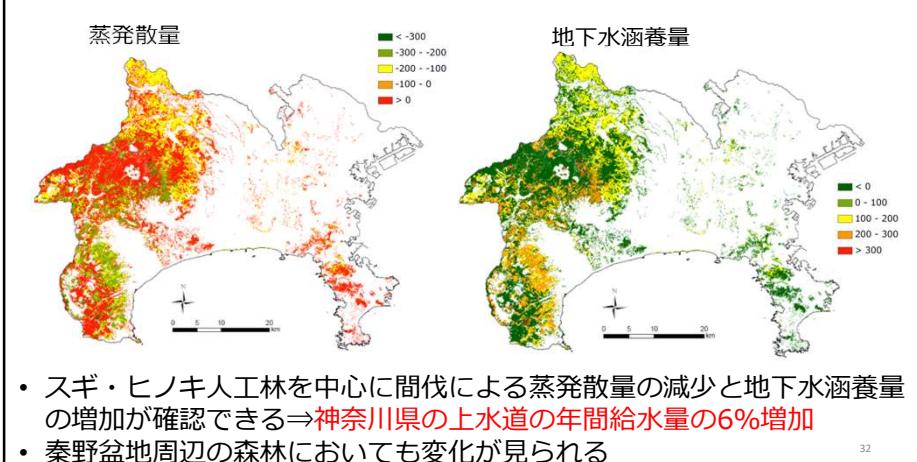


森林情報と水資源情報の融合



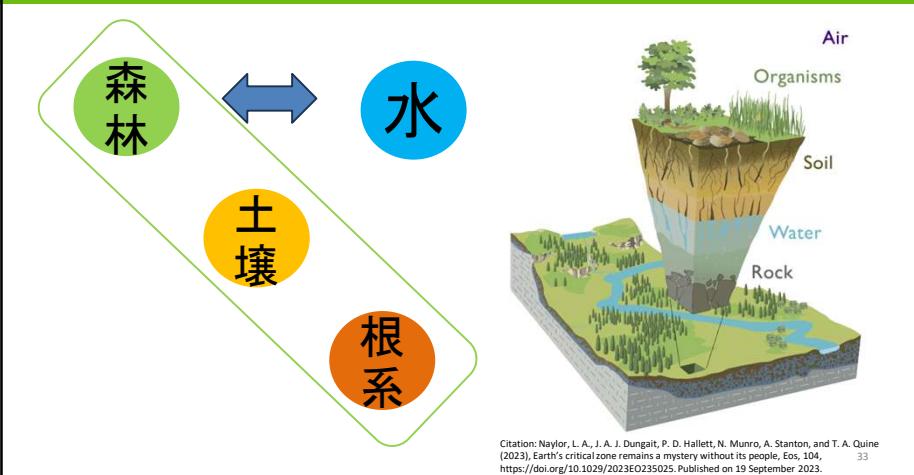
31

水源再生施策による森林管理と水資源の15年の変化



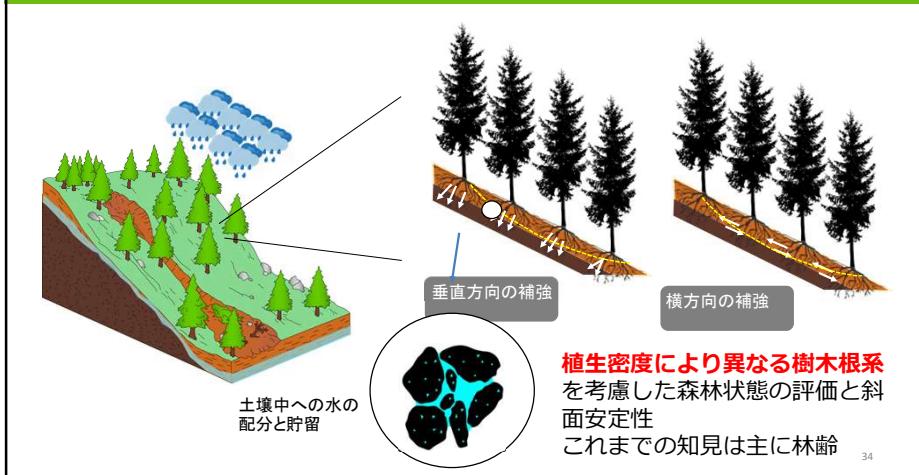
9

Critical Zoneとしての森林・土壌・樹木根系

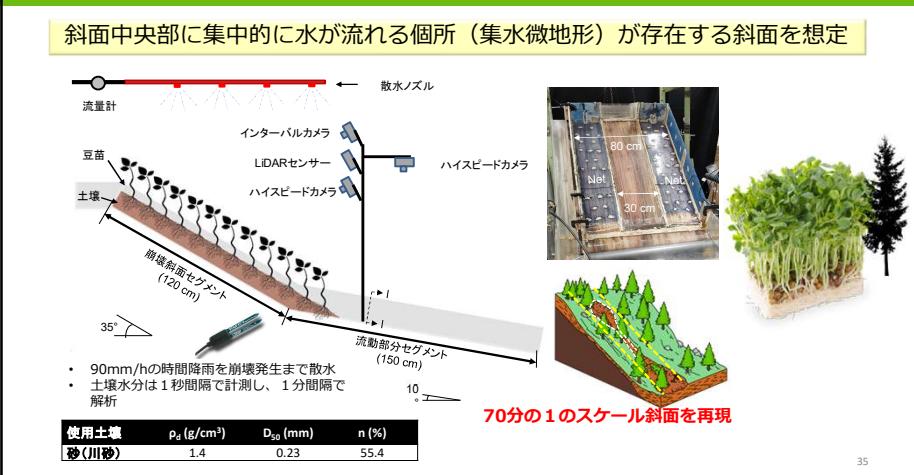


33

根系の重要性



斜面崩壊実験

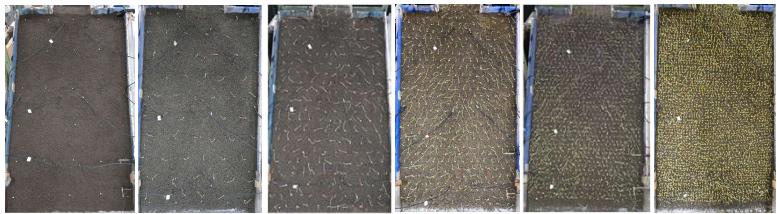


35

植物の生育状況



植栽密度の違い



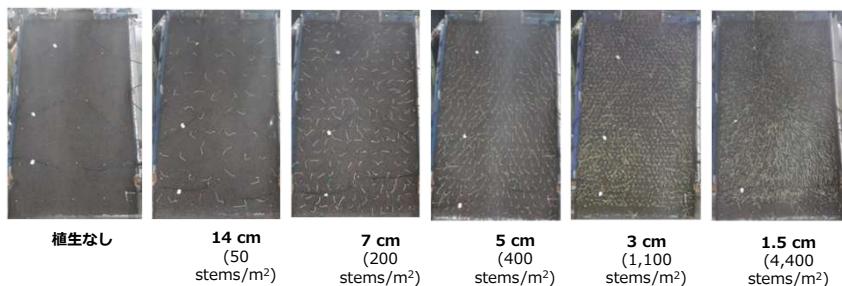
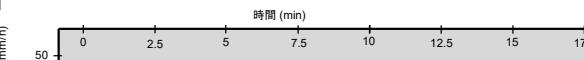
およそその実
斜面での想定 100 本/ha 400 本/ha 800 本/ha 2200 本/ha 9000 本/ha

それぞれの密度で実験を3回繰り返し、崩壊発生時刻、斜面変形、崩壊面積、土壤水分応答などを計測

37

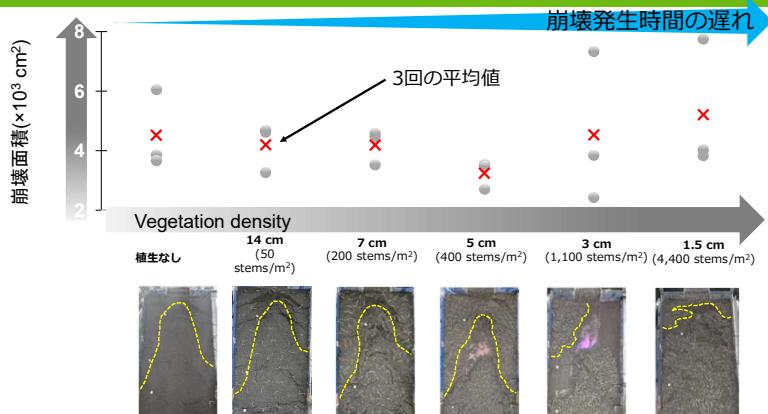
植栽密度の違いと崩壊発生状況

60x speed



38

植栽密度の違いによる崩壊面積



植生密度の増加により、必ずしも崩壊面積が大きくもしくは小さくならない

39

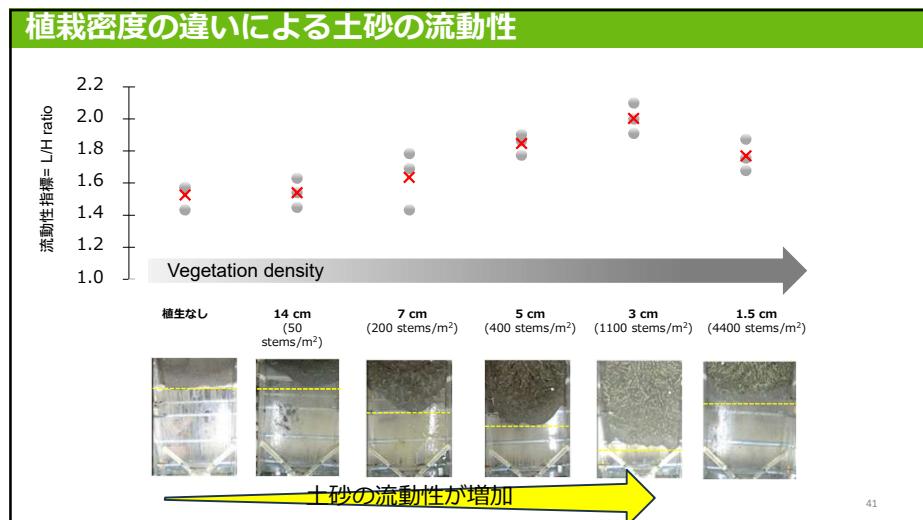
崩壊発生の遅れがもたらすもの



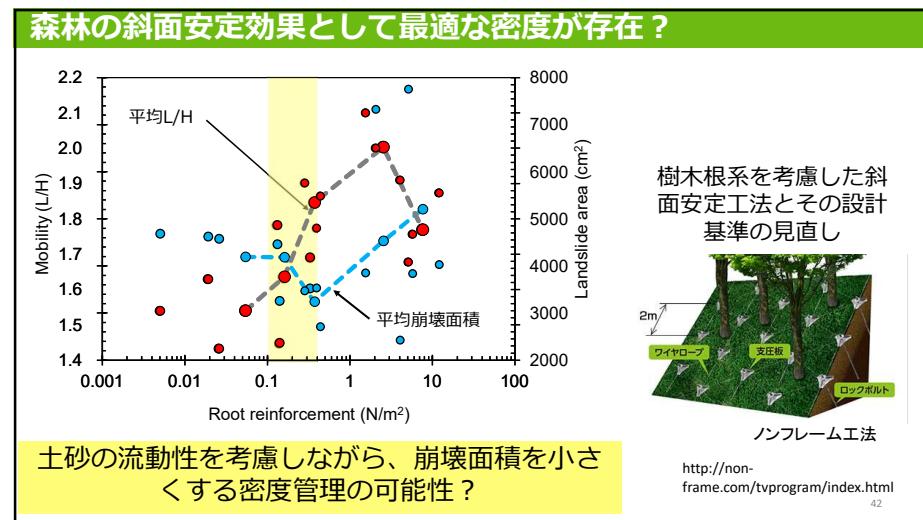
このときに崩壊
が発生すると
土砂はどのよう
になるのか？

40

40



41



42

これからのNbSに必要なポイント

NbS の推進において留意すべき12箇条

- ・多様性と冗長性を重視しよう
 - ・地域性と歴史性を重視しよう
 - ・生態系の空間スケールを踏まえよう
 - ・生態系の変化と動態を踏まえよう
 - ・生態系の連結性を踏まえよう
 - ・生態系の機能を踏まえよう
 - ・生態系サービスの連関を踏まえよう
 - ・生態系の不確実性を踏まえよう
 - ・ガバナンスのあり方に留意しよう
 - ・地域経済・社会への波及に留意しよう
 - ・国際的な目標・関連計画との関係を意識しよう
 - ・教育・普及に留意しよう

単に自然の機能が活用されるだけではなく、生物多様性の保全と持続可能な利用についても確実に担保される必要性あり

43 西田ら (2023) 保全生態学研究

水源かん養機能のセミナー



2023年から森林の水源かん養機能を簡便に定量評価する手法の構築に取り組んでいます。地域や企業が自ら森林管理の効果を把握し、水資源保全への取組を可視化できる仕組みを目指しています。



43

44

多様な主体の参加が不可欠な理由

地域知識の活用

地域住民は自然環境や災害リスクに関する豊富な知識と経験を持っています。歴史的背景を把握し、その見を取り入れることで、より現実的で持続可能な防災対策が可能

コミュニティの連帯

住民参加は地域コミュニティの連帯感を強化し、災害時の迅速な対応や復旧活動につながります。2015年の仙台防災枠組でも、住民参加の重要性が強調

持続可能性の確保

地域住民の参加により、防災・減災の知識や自然資源管理の知見を持続的に活用・継承していくことが可能

- ✓ 地域の生活とつながるQuality of Lifeの向上
- ✓ こんな地域にしたいという思い
- ✓ ビジョンから考えるバックキャスティング的な考え方

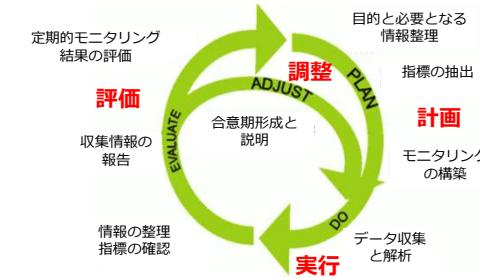
45

順応的管理と住民参加の重要性

不確実性を伴う対象を取り扱うための考え方

適応的管理：アダプティブマネジメント (Adaptive Management)

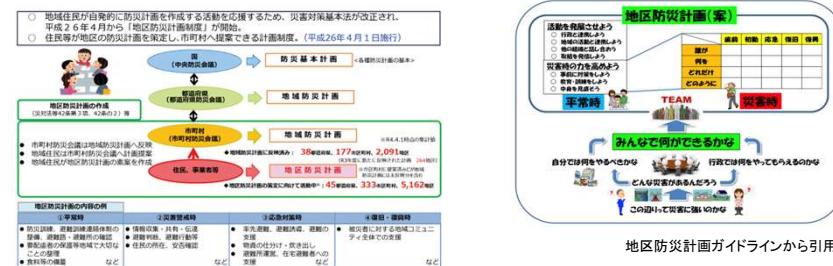
- 当初の予測がはずれる事態が起こり得ることを、あらかじめ管理システムに組み込み、常にモニタリングを行いながらその結果に合わせて対応を変えるフィードバック管理（順応性）
- 不確実性を伴うことから、**説明責任を果たす必要**有
- 実施にあたっては**合意形成の取組**が必要



46

地区防災計画とEco-DRR

地区防災計画は、地域住民が自ら主体となって作成する防災計画であり、2013年の災害対策基本法改正により制度化



- ✓ 地区防災計画は、地域住民が主体となって策定する土砂災害や洪水対策の防災計画
- ✓ 地域の特性やリスクを踏まえた具体的な防災・減災対策に、NbSの視点を取り入れ可能
- ✓ 湿地の保全・再生による洪水緩和や森林整備による土砂災害の防止など、地域の自然環境を活かした持続可能な防災対策が実現可能

47

地域知の伝承：災害伝承の重要性

災害伝承は、過去の災害経験を共有することで災害リスクの認識を高め、災害時の適切な行動を促す。三陸海岸沿いでは「高台への避難」が津波対策として伝承されており、東日本大震災時には多くの住民が迅速な避難行動につながる。



国土地理院

過去に発生した津波、洪水、火山災害、土砂災害等の自然災害に係る事柄（災害の様相や被災の状況等）が記載されている石碑やモニュメント

④ 公開中の自然災害伝承碑分布図及び代表事例の紹介



https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/denshouhi_operation.html

48

地域に根ざした情報として、アイヌ民族の自然に対する知識や、治水神としての禹王遺跡、治水への地域信仰なども重要な要素

地域知の伝承・蛇抜の例



南木曽町：「蛇抜沢」「蛇抜橋」



平成26年7月9日 長野県木曽郡南木曽町説書で発生した土石流災害



ハード対策に加えて、地域の災害リスクや災害伝承から、地域の災害の歴史を知り、避難方法やEco-DRRとしての防災減災を考える住民参加への情報をとる。

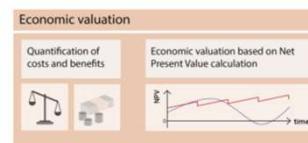
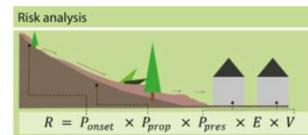
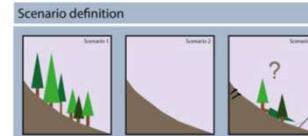
<https://www.sabo.or.jp/saiga/20140709.htm>

49

住民参加における学術の役割

定量的データの提供

NbSの効果検証と費用対効果を提示することで、住民理解や参加意識を高める。山岳地域における災害対策効果を経済的価値に変換する手法が提案



オランダの「RiskChanges」システム

地理情報の活用

異なるリスク削減シナリオを比較・評価し、最適な対策を選択できるシステムとしての空間情報

共益の評価

自然の効果と共益の評価により、住民の認識とNbSの受容性を向上させる研究

50

住民参加促進の手法

体験型学習の効果

ワークショップやフィールドワークを通じた体験型学習により、住民が直接自然環境に触れ、災害リスクを体感することでEco-DRRの重要性を深く理解できます。

地域インセンティブ

地域における参加のインセンティブも考慮することが重要。海外では、行政官の評価、地域における経済的インセンティブの導入

市民科学の役割

ワークショップやフィールドワークを通じた体験型学習により、住民が直接自然環境に触れ、災害リスクを体感することでNbSの重要性を深く理解できます。



政策形成には、大規模モニタリングデータの活用が不可欠森林管理と水資源の連携、気候変動の影響評価、災害リスクの予測などにおいて、科学的根拠に基づくデータの蓄積と分析が重要その情報地域のコミュニケーションや将来ビジョンが策定可能となる。そのためには、デジタル技術を活用した**市民科学 (Citizen Science)**の手法

51

AIの活用とNbS

データ収集とその整理・解析

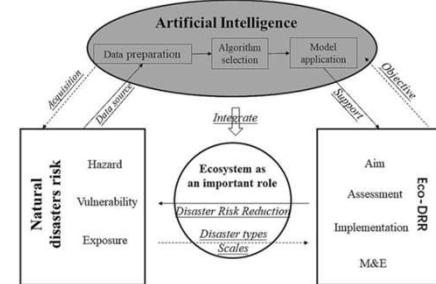
AIは集めた観測データや既往研究などのデータを効率的に整理・解析できる。これにより、住民の観察結果が科学的データとして防災計画に反映されやすくなり、参加の意義を高める。

リスク可視化と共有

AIによるハザードマップやシミュレーションの自動更新は、複雑な災害リスク情報を住民にもわかりやすい形で提示できる。これにより、ワークショップや地域防災会議での合意形成が進み、地域の連携強化につながる。

意思決定の支援や参加の促進

AIを活用した意思決定などを行うことや地域データによる地域の特徴の把握や地域別の解析なども行うことができる。専門的知識の支援、住民の主体的行動へのサポートなどコミュニティ全体のレジリエンス向上可能



(Dai et al., 2024)

52

まとめ

✓ 流域全体を見据えた森林の多面的機能と防災・減災対策

- ・水源林の再生は、単に上流部の森林整備だけでなく、中下流域の水害や土砂災害リスク（流木災害）も視野に入れた整備
- ・森林の保水力向上や土砂流出防止機能を高め、気候変動による集中豪雨や長期的な水不足の課題に対し、流域スケールでの防災・減災効果

✓ 地域コミュニティや自治体の連携による参加型流域管理

- ・森林所有者、地元住民、行政、企業、研究機関など、多様なステークホルダーとの協働を促進し、流域をひとつの「管理単位」とする
- ・流域全体での森林保全活動に加え、流域の気候変動適応と地域活性化の活動に参加できる体制

✓ 継続的モニタリングとアダプティブ・マネジメントの流域展開

- ・流域スケールでの水質・水量・土壌・生物多様性などの指標を継続的にモニタリングし、森林の再生状況や災害リスクの変化を把握
- ・得られたデータを、上流・中流・下流の自治体や関係機関と共有し、各地域の特性や気候変動の影響を踏まえて、対策を隨時見直す「アダプティブ・マネジメント」を実践し、将来の気候変動や豪雨災害に柔軟に対応する体制

