

自然環境保全センター研究成果報告会
～水源林再生の最前線～

開催報告

神奈川県自然環境保全センター研究企画部研究連携課

目 次

1 報告会の概要	1
2 報告会記録	
1) 開会挨拶	2
2) 水源林の再生とは	4
3) 水源林整備の意義と整備の効果	7
4) 水源林整備と水や土の流出の関係	13
5) 水源林整備における生態系効果把握調査	18
6) 全体講評	22
3 会場の様子	25
3 配布資料	
1) プログラム	26
2) スライド資料	27

1 報告会の概要

1) 目的

丹沢をはじめとした神奈川県の水源地では、過去に植えられたスギやヒノキの管理不足やかつてより多く生息するようになったシカの影響によって、近年「緑のダム」の働きが低下しています。

自然環境保全センターでは、水源地再生のための対策事業と並行して、水源地の「緑のダム」機能低下の実態や水源地再生対策の効果や課題を科学的に調べています。

本報告会では、データから見えてきた水源地劣化の実態と水源地再生の効果や課題を報告することを目的に開催しました

2) **タイトル** 自然環境保全センター研究成果報告会 ～水源地再生の最前線～

3) **主催** 神奈川県自然環境保全センター研究企画部 研究連携課

4) **日時** 平成 27 年 2 月 27 日(金) 18:30～20:30

5) **会場** 横浜市開港記念会館 6 号室 (横浜市中区本町 1 丁目 6 番地)

6) **参加者** 106 名

内訳： 一般(関係団体・個人・大学等) 60 名
行政(市町村および県職員) 29 名
主催側関係者 17 名

7) プログラム

18:30 ～ 18:35	1) 開会挨拶 神奈川県自然環境保全センター 所長 益子 篤
18:35 ～ 18:45	2) 水源地の再生とは 神奈川県自然環境保全センター 研究連携課 課長 山中 慶久
18:45 ～ 19:15	3) 水源地整備の意義と整備の効果 神奈川県自然環境保全センター 研究連携課 主任研究員 田村 淳
19:15 ～ 19:45	4) 水源地整備と水や土の流出の関係 神奈川県自然環境保全センター 研究連携課 主任研究員 内山 佳美
19:45 ～ 20:15	5) 水源地整備における生態系効果把握調査 自然環境保全センター 研究連携課 特別研究員 成瀬 真理生
20:15 ～ 20:25	6) 全体講評 東京大学大学院教授 鈴木雅一

2 報告会記録

(司会 株式会社ランズ計画研究所 亀山 明子)

1) 開会挨拶

(神奈川県自然環境保全センター 所長 益子 篤)

神奈川県自然環境保全センター所長の益子でございます。本日は、夜間の時間帯にもかかわらず、大勢の方にご参加いただきありがとうございます。

また講評をお願いしております東京大学大学院の鈴木教授には、このお忙しい時期にご出席していただき、感謝申し上げます。

皆様ご存知のように、神奈川県では良質な水を安定的に確保するため、平成19年度以降20年間にわたる水源環境保全・再生の取組全体を示す「施策大綱」と、5か年間の取組みである「5か年計画」を策定して、継続的に水源環境の保全再生に取り組んでまいりました。

今年度は第2期の中間年、2年後の28年度には、大綱20年の折り返し点の10年目となります。

この取組みには、県民の皆様からいただいた個人県民税の超過課税である水源環境保全税を活用していることから、県民の皆様にも事業の効果を説明することが重要になっております。

更には、事業の結果をきちんと分析して、事業をより良いものに改善して行く、こういった取組みも非常に重要になっております。

特に5年毎の計画の見直しにあたって、これから様々な場面で議論が活発化するのかなと考えております。

例えば、お手元にも配布されていますが、3月22日の日曜日には、一般の方も一緒になって水源環境保全・再生の取組みについて意見交換する場として、「水源環境保全・再生かながわ県民会議」主催による県民フォーラムが予定されています。

この意見交換に先立ちまして、本日は「水源林再生の最前線」として、水源林整備による森林の実態や整備効果などについて、保全センターの研究部門から、これまでの研究結果をご報告する場を設けさせていただきました。

2時間という限られた時間、更には、報告の対象が水源林ではございますが、本日の報告が今後の水源環境保全・再生や丹沢再生に関する議論につながっていけばと考えております。

また本日は、大変多くの団体や個人の方から申し込みをいただきました。このことは、取組成果に対する皆様の関心の高さを示しており、改めて水源林再生対策の成果を実証しなければならない自然環境保全センターの責任を大変重く感じております。

最後になりますが、自然環境保全センターの業務は、本日発表する研究以外にも、自



然公園や森林の管理、更には、ニホンジカの保護管理など多岐にわたり、管轄エリアも県のほぼ西半分で、険しい山岳地帯も含まれます。

その中で、限られた職員数で業務を遂行できているのは、NPO や県民、更には大学や他の研究機関、団体や企業など、実に多くの方々の協力の賜物だと考えております。この場をお借りして、改めて感謝申し上げ、開会の挨拶とさせていただきます。

本日は、どうぞよろしく願いいたします。

以上

2) 水源林の再生とは

(神奈川県自然環境保全センター 研究連携課 課長 山中 慶久)

スライド1 表紙

神奈川県自然環境保全センター研究連携課の山中です。

今日は私の後に、水源林の整備をする
と植生はどうなるか、水と土はどう変化
するのか、それか生き物がどの様に移り
変わってきたか、といった事を 30 分
ずつ発表します。「水源林の再生とは」と、
大げさに書いてありますが、神奈川県の
水源林の分布と、水源林の機能について
共通する事ですので、お話をしていきます。



スライド2 県西部の山地に広がる水源林

まず、神奈川県の水源の地図が出ています。神奈川県の水源は、県内はもちろん、北側の方に山梨県、西側の方に静岡県の御殿場と小山があります。二つの市、町を含む、利根川の流域と比較すると、コンパクトな水源です。神奈川県の部分だけ見ていただきたいのですが、神奈川県のちょうど中央を、南北に相模川が流れています。先ほど所長の挨拶にもありましたように、神奈川県の西側のほとんどは森林です。相模川を境にして森林は西側に約 85%、東側に約 15%が分布します。三浦半島にも森林は結構ありますが、東側には県全体の 15%しかありません。人口の分布をみますと、東側に 85%、西側に 15%と全く逆となっています。

スライド3 森林の多面的機能

次に、水源林の機能といいますが、森林の機能についての話をします。スライドの左側を見ていただくと、機能には階層性があり、一番下に山地災害防止、土壌保全があり、その上に生物多様性、水源涵養、木材等生産と、保健・レクリエーションがあります。森林・林業基本計画の森林の機能について、一部を除き模式化したものです。右側の図は、国連のミレニアム生態系評価に掲載されたもので、逆に森林の側から見た、森林生態系が人々に提供しているサービスを表しています。やはり一番下（基盤サービス）が決まっています。その上に供給サービスと調整サービス、文化サービスがあります。この機能についてもう少し詳しく見てみます。

スライド4 森林の多面的機能の階層性

70年代頃から、自然保護などが盛んに言われるようになりました。まず森林の公益的機能という言葉が使われました。今は、多面的機能というのが主流で、両方使われています。

中央に書いてあるのは、保安林の種類です。森林法にはこの 1 号から 11 号という区分があります。保安林制度は古い制度で、明治 30 年に設けられました。明治 30 年は 1897

年ですから 19 世紀になります。

お気づきになる点があると思いますが、さっきもお話したように、これは、人間からとらえた機能、人間が受ける恩恵について書かれてあります。ところが、この右側の図は、21 世紀になって、森林が持つ機能そのものについてとらえたもので、保安林種のように縦に 1 から 11 まで並ぶのではなく、横に並んでいて、最下層に一番基盤になるものがあり、その上に他の機能が乗っている形になっています。その中でやはり一番基礎になるものは、山地災害防止機能と土壌保全が重要だという事です。土砂と土壌の違いですが、土砂は、土や砂などをふるいにかけて、通ったら砂、通らなかつたら土などがありますが、物質としては土砂です。土壌とは何を指すかと言いますと、生物の働きの中で土壌という言葉が使われます。裏山の土砂が崩れたとは言いますが、土壌が崩れたとは言わない。土壌という言葉を使う事は土壌生態系という言葉があるように、森林も生態系と言われますが、土壌の中にも、土壌微生物や土壌動物のダンゴムシなどがおり、枝や葉、動物の死骸を分解して、植物の栄養になるものを作っています。土壌が大事であることは、この後の三つの研究報告のどの話の中にも出てきます。

スライド 5 水源林は「緑のダム」

水源かん養機能は土壌が大事だと書いてありますが、よく使われるのが「緑のダム」という例えで、土壌はスポンジのような働きで、水をしみ込ませる体であり、固くしまった土では出来ない、という話が出てきます。

スライド 6 かながわの水源林の課題

神奈川の水源林の問題というのは、この写真を見てわかるように、土壌が無いことです。左側の写真はヒノキ林だと思いますが、養分となる部分が流れて岩盤が出てきてしまっています。シカも増えて下層植生を食べてしまう。このような事で、森林土壌が貧弱してきている。それで緑のダムの機能が低下するので、水源の森づくりが始まったのです。

スライド 7 水源林再生の対策とねらい

水源の森づくりで何をするかと言いますと、1 つは間伐などの森林整備をやっています。もう 1 つは、増えすぎたシカが間伐をした後の植生回復を阻害する要因になっているため、適正な頭数になるように少し減らす対策を行っています。その二つを今、組み合わせ、特に「第 2 期かながわ水源環境保全再生実行 5 か年計画」からシカ対策が積極的に取り入れられました。

スライド 8 対策の効果が現れる時期

水源の森林づくりは、平成 9 年から始まり、もう 18 年目になります。平成 19 年から県民税としてご負担をいただき、内容を強化しました。それから 8 年目になります。下層植生の回復は 3~5 年後、土壌の保全は 1~5 年後位には現れてきます。

生き物については、種によって違いますが、5 年から数十年かかります。

一番分からないのが、水質の変化や、水量の増減などで、10 年以上、かなり長い年月をかけないと、目に見えて現れてこないのではないかと思います。このように順番に効

果が波及していくということをご理解いただき、この後の 3 つの研究報告を聞いていただきたいと思います。

スライド 9 本日紹介する研究成果

報告の 1 番目は、水源林を整備すると植生がどう変わっていくのか、という話をします。2 番目は水源林整備をすると水や土の流れ方がどのように変化したかという話で、3 番目が水源林を整備すると、その中で生き物がどう変化してきたか、という話になります。

私の話はこれで終了となります。ご清聴ありがとうございました。

以上

3) 水源林水源林整備の意義と整備の効果

(神奈川県自然環境保全センター 研究連携課 主任研究員 田村 淳)

スライド1 表紙

皆さん、こんにちは。神奈川県自然環境保全センターの田村です。私の発表題目は「水源林の整備と効果」、副題は「モニタリングから見えてきたこと」です。話の内容は3つあります。まず、森林を整備することの意義、ここでいう整備とは間伐のことです。次に水源の森林づくりについてその概要をお話します。最後に、整備後の下層植生の回復状況について、人工林と広葉樹林に分けてお話します。どうぞよろしくお願いいたします。



最初に結論を言うと、人工林の整備は効果てきめんですが、広葉樹林は難しいということなんです。

では早速、整備する意義について入ります。

スライド2 森林の発達の仕方

まず、森林の発達の仕方、発達段階とも言いますが、それを紹介します。上は自然林の場合、下は人工林の場合です。いずれも発達段階は4つに区分されています。林分成立段階、若齢段階、成熟段階、老齢段階です。

自然林では、台風や斜面崩壊などで森林が破壊された後にいろいろな樹種が侵入してきた段階が林分成立段階です。時間が経過すると若齢段階に進みます。この段階の特徴は、木の密度が高く、葉のつく樹冠（葉群層）が込み入っているため、光が地面に届かず下草がほとんどないことです。自然林では様々な種類の木や同じ木でも遺伝的に異なる木が生えているため、個体間の光をめぐる競争で勝ったものは上に行き、負けたものは枯れていきます。そうすると、成熟段階に進みます。成熟段階は樹高が高くなって、木々の隙間から光が差し込んで下草が生える段階です。成熟段階でやっと下草が表れてくるわけです。さらに時間が経過すると老齢段階に進みます。老齢段階の特徴は上層にあった木が寿命を全うして枯死する、すなわち立ち枯れるものがでてくることです。また、階層構造が発達することです。すなわち自然林は時間が経過すると、自然に段階が進んでいくという事です。

一方、人工林の場合は、遺伝的に均質な単一の樹種を植栽するので、時間にかましても若齢段階から老齢段階に進みにくいということがあります。個体間の競争が起きにくいので、自然林のように段階が進みません。そのため人工林では個体間の競争を和らげる、段階を進めさせるために間伐が必要なのです。

スライド3 手入れ遅れの人工林で起こること

左上の写真はシカがあまりいない、小仏山地の林齢63年生のヒノキ人工林です。照度不足の状態です。右上の写真のようになります。照度不足だと下草が無くなってしま

います。傾斜が急なところでは左下の写真のように土壌が流出するようになります。

スライド4 森林の土壌保全機能

土壌保全機能を発揮する森林の構造を考えてみます。

森林の土壌保全機能は2つのサブ機能から成ります。一つは表面侵食の防止機能です。これはA0層と高さ4mまでの下層植生が効果を発揮してくれます。A0層とは落葉とその落ち葉が腐りかけた部分の層のことを言います。その効果はA0層よりも下層植生の方が、下層植生においても樹木よりも草の方が効果があります。

森林の土壌保全の第2のサブ機能は、表層崩壊の防止機能です。これは樹木の根系が効果を発揮してくれます。その効果は、草よりも木の方が効果が高いことがわかっています。

この2つのサブ機能をもつ森林を考えると、階層構造の発達した森林、つまり成熟段階以降で土壌保全機能が高まるといえます。

人工林の場合は、間伐し、出来るだけ成熟段階以降にもっていき必要があるという事です。

スライド5 水源の森林づくり

水源の森林づくり事業の概要です。水源施策に先行して平成9年から行っています。この事業の目的は水源かん養機能などの公益的機能の高い森林づくりです。そこで、左側の図の緑色部分が水源の森林エリアなのですが、そのエリア内の私有林を県が確保して、5つの目標林型に向けて森林を整備しています。

スライド6 確保した森林

これは平成23年度までに県が確保した森林の場所です。色の違いはたくさんの契約形態があるためです。いずれも水源林です。古いデータですが平成23年時点では11,000ヘクタール、平成25年末は17,300ヘクタールが確保されています。大きく分けて、小仏山地、丹沢山地、箱根外輪山の3つの地域で森林が確保されています。

スライド7 5つの目標林型

5つの目標林型を説明します。対象となる森林は2つあります。針葉樹人工林と広葉樹林です。現状が針葉樹林の場合は4タイプの目標があります。淡々と木材生産をしていく短伐期林、伐期を伸ばして巨木にする巨木林、植栽した木が上と下の層からなる複層林、それに多様な広葉樹が混ざった針広混交林です。広葉樹林の場合は階層構造の発達した広葉樹林が目標です。

スライド8 整備の手法

水源の森林づくりの主な整備手法は間伐です。すなわち上木の個体間の競争をやわらげて幹を太くするとともに、下層植生を豊かにするために行われています。また、丹沢では、シカの採食から植物を守る植生保護柵が設置されることもあります。

スライド9 整備の進め方

整備の進め方についてです。水源の森林づくり事業を開始した平成9年において、公益的機能の発揮のための森林整備技術、特に広葉樹林の整備技術は確立されていなかったのが実情です。木材生産のための技術や広葉樹の里山整備技術、森林生態学分野の科学的知見はすでにありましたから、そういう知見をもとに2回マニュアルを作成してきました。広葉樹林の整備は里山林整備の手法を参考に実施してきました。また、技術が未確立ということから、この左側の矢印のように、Plan（プラン）、Do（事業実施）、Check（モニタリング）、Act（評価改善）という順応型管理で改善をはかることを前提としています。

以上が水源の森林づくりについての概要です。

スライド10 整備後の下層植生の回復状況（人工林）

整備後の下層植生の回復状況について、まずは人工林の場合を紹介します。このモニタリングのねらいは、間伐による下層植生の増加を検証することです。そこで、平成14～20年にかけて、整備と同時に調査地を50地点設定しました。各地点には複数のプロットがあります。合計140プロットになります。

スライド11 方法

調査項目は、植生や現存量、光環境やシカ利用度です。ここでいう現存量とは右上の写真にあるように、50cm四方の下草を刈り取って、それを乾燥させた重さのことです。データでは1m²あたりの重さにしています。シカの利用度とはセンサーカメラを使ってシカがどのくらい撮影されたかを調べたものです。下層植生の増加の指標としては、草本層現存量と植被率、更新木の樹高です。解析では、2時点で丹沢と小仏・箱根を比較しました。丹沢はシカの影響が強い地域、小仏と箱根はシカの影響が少ない地域です。丹沢の植生保護柵内のプロットも多いのですが、それらは比較対象のための対照区です。

スライド12 人工林の変化

では、写真で2時点の変化をみていきます。

上は箱根外輪山のヒノキ林の例です。下は丹沢の人工林です。上下ともに左側は整備直後、右側はそれから4年後です。箱根外輪山でも丹沢でも草が増加したことがわかります。

スライド13 草本層の現存量

こちらは2時点の現存量をグラフにしたものです。横軸はエリア、縦軸は1m²あたりの草本層現存量です。凡例の青は平成19～21年の調査、赤は平成23～26年のデータです。グラフの中でnとあるのは、プロット数です。

この図から丹沢と小仏・箱根の両地域ともに現存量がやや増加したことがわかります。また丹沢の現存量は小仏・箱根と同程度であることもわかります。丹沢はシカの影響が強い地域ですが、下草はあります。

スライド14 丹沢の人工林（柵外）で多い種

丹沢の人工林で現存量が多くあったのには、シカの嫌いな不嗜好性植物が影響してい

ます。その例が写真に示した植物です。左上からオオバノイノモトソウ、チヂミザサ、マツカゼソウです。こうした種は湿ったところに生えやすい植物なので、もともと人工林にするような斜面の下部に生えていた種であったと考えられます。

丹沢では間伐すれば不嗜好性植物に覆われるので、土壤保全機能は発揮されていると考えられます。そのためシカを捕獲しなくても良いのではと思われるかもしれませんが、そういうわけにはいきません。

スライド 15 人工林内の広葉樹稚樹の樹高

こちらの図は人工林内に生育する広葉樹の稚樹の樹高を測定した結果です。横軸はエリア、縦軸はプロットの最大樹高です。図の中の n はプロット数です。この図から丹沢の樹高は他のエリアと比較して小さいことがわかります。平均で 30cm 位です。対照区の柵内よりも小さい傾向があります。このことから、丹沢ではシカの影響で稚樹が生長していないことが示唆されます。そのためにシカ対策が必要ということです。

また、間伐後に不嗜好性植物が繁茂するとその後に稚樹が侵入、定着を阻害する恐れもあります。土壤保全は維持されるのですが、更新木が侵入しづらいという矛盾（トレードオフの関係）が課題です。

スライド 16 整備後の回復状況(2) 広葉樹林

続いて、整備後の回復状況、広葉樹林の結果です。

このモニタリングのねらいは、下層植生の増加と階層構造の発達を検証することです。調査項目は直径や樹高、切り株の太さなどの林分構造と、人工林と同じ植生調査です。階層構造の発達や下層植生の増加の指標は直径分布と草本層の現存量と植被率です。

スライド 17 自然林の直径分布の特徴

ここで、自然林の直径分布の特徴をお話ししておきます。左に3つグラフがありますが、これらのグラフは森林の発達段階ごとに横軸に直径、縦軸に本数を示したものです。凡例の色は様々な樹種です。3つのグラフともに直径の細かいクラスほど本数も多い特徴があります。こうした直径分布の形は逆 J 字型とされています。森林が発達するにつれて裾の広い逆 J 字型の分布を示しています。この形がくずれないのが自然林の特徴です。

スライド 18 整備地と未整備地の直径分布 1

では広葉樹林の整備したところと未整備地の直径分布を2つ、極端な例をみてみます。この場所は南足柄市内の広葉樹林です。左側が整備地、右側が隣接してある未整備地です。下は直径階グラフで横軸が根元の直径、縦軸が本数です。凡例は緑が整備前、赤が整備後です。このように整備前は逆 J 字型を示していたのですが、整備地では細い木をたくさん切ったので、真中付近の本数が多いところを頂点とする、上に凸の一山型の分布を示しています。

スライド 19 整備地と未整備地の直径分布 2

続いて丹沢山地内の直径分布です。これも極端な例です。左側が整備地、右側が整備

地に隣接した未整備地です。下の図の見方は先ほどと同じです。この場所も逆 J 字型だったのが一山型というか、山もない形になっています。前の場所もこの場所も、細い木を多く伐ったことを示しています。

スライド 20 広葉樹林の変化

人工林で見たように、写真で二時点の変化を見てみます。

上は南足柄市内、下は丹沢山地内です。白の矢印は同じ木を示しています。上の写真からは灌木がまた大きくなりつつあることが読み取れます。下の写真からは下層植生が回復していないことがわかります。

スライド 21 広葉樹林の下層植生の状態

整備前後での下層植生の状態の結果に移ります。左側の図はエリア別の現存量の差異を示したものです。横軸はエリア、縦軸は現存量、凡例の青は平成 19～21 年、赤は平成 23～26 年のものです。この図から、丹沢の現存量は箱根や丹沢の柵内よりも少ないことがわかります。箱根や丹沢の柵内はすでに定常状態になっていることが示唆され、丹沢の場合はシカの影響によって増えていないことが考えられます。

右側の図はエリア別に先ほどの直径分布毎に草本層の植被率を図示したものです。n の数字はプロット数です。この図から箱根外輪山では直径分布によらず植被率が平均 60%を超えること、一山型になっても 70%程度なこと、逆に丹沢では植被率が直径分布によらず 10%程度しかないことがわかります。

スライド 22 エリア及び林相別のシカの利用頻度

以上、ざっと丹沢、小仏・箱根における下層植生の変化を見てきました。シカの多い少ないという視点での解析だったのですが、ではシカはどの程度の違いがあるのかというデータをお示しします。

横軸は撮影枚数、単位は、各プロットにカメラを 2 台、3 ヶ月間各プロットに設置して撮影された枚数です。縦軸はエリア別の広葉樹林と人工林です。上 2 つが丹沢、下 2 つが小仏・箱根です。この図から、丹沢の方で多く撮影されていることがわかりますが、もう一つ重要なことは丹沢でも小仏・箱根でも広葉樹林でシカが多く撮影されたということです。シカは広葉樹林を好む傾向があるといえそうです。

スライド 23 モニタリングからわかってきたこと・針葉樹林

最後にまとめです。

針葉樹人工林の場合、間伐すると下層植生は増加することがわかりました。ただし、丹沢では不嗜好性植物が主体です。一方、更新木は成長していない可能性があります。

こうした点から整備への改善点としては次のことがあげられます。

一つは、定期的な間伐によりある程度は目標林型に誘導が可能であるということです。

ただし、混交林化に向けて多様な広葉樹を更新させるには、シカ対策と下層植生の制御が必要です。やはりシカの管理と森林整備の一体的な取り組みの継続が重要ということです。

スライド 24 モニタリングからわかってきたこと・広葉樹林

続いて広葉樹林です。広葉樹林ではシカの影響が小さいところと大きいところ、すなわち箱根と丹沢で結果は異なりました。箱根では整備によって小径木が少なくなる代わりに草本層の植被がやや増加しました。時間が経過すると発達段階が進行すると言えます。

シカの影響が大きい丹沢では、箱根と同様に小径木は少なくなっていました。違うのは草本層植被が増加していないことです。すなわち、時間が経過しても伐採前の状態にも戻らないということです。

これらの点から、広葉樹林では伐採よりもシカ対策と土壤保全対策がポイントといえます。

スライド 25 水源の森林づくり事業への反映

本日お話したモニタリングの結果は、すでに事業にも反映されています。2年前には、事業が始まった平成10年につくった手引きを改訂しました。その中で、広葉樹林整備は、伐採よりも植生保護柵の設置や土壤保全対策を主体に実施することに方針転換が図られています。

以上で私からの発表を終わりにします。

以上

4) 水源林整備と水や土の流出の関係

(神奈川県自然環境保全センター 研究連携課 主任研究員 内山 佳美)

スライド1 表紙

神奈川県自然環境保全センターの内山です。

先ほどの田村の報告は、水源林整備と植生回復の関係の話でした。私のほうからは、それが、土壌の保全につながるのか、さらには水につながるのか、という部分、この大きく2点についてお話しします。



スライド2 水源林整備により土壌が保全されるか

まず1点目の、水源林整備により土壌が保全されるのか、について、ここでは、下層植生と土壌侵食の関係がどうなのかという実態の話、次に土壌保全対策とその効果、ということで話を進めてまいります。

スライド3 東丹沢堂平地区

話の舞台は、東丹沢の堂平地区になります。宮ヶ瀬ダムの上流、標高 1200m、自然のブナ林です。10年以上前ですと、ここは丹沢の中でも特にシカが多い場所で、下層植生の衰退がかなり進行していました。このため、先駆的な調査や対策が行われてきました。

スライド4 小区画の調査地

この堂平地区で、下層植生と土壌侵食の関係を調べるために設定した調査地がこちらです。植生保護柵の内側と外側、それぞれ、下層植生の植被率が 80%、40%、1%のところプロットを設定し、それぞれのプロットで雨量、植生、落ち葉の堆積、地表流、土壌侵食などを測定しました。

これらの測定は、東京農工大学の石川教授のグループが中心となって実施しました。

スライド5 【実態】下層植生と土壌流出の関係

そして、この測定の結果からわかったことは、こういうことです。

下層植生が衰退して地面がむき出しになっていると、雨粒の衝撃で土壌表面が目詰まりし、雨水が地中に浸透しにくくなり、地表を流れる水に土壌も流されます。つまり土壌が失われて貧弱になっていくということです。このメカニズム、実は、人工林の手入れの遅れで下層植生が無くなった場所でも、まったく同様であることがわかっています。

また、右側の本来の森林では、地表が覆われているので、降った雨の多くが地中に浸透し地表流はほとんど発生しません。

では、この左側の、地中に浸透しにくくなり、土壌も流される、といったところについて、いったいどのくらいの量なのかを、次にデータでお見せします。

スライド6 地上の被覆と降雨時の地表流出発生

こちらは、横軸が、地表面の被覆率で、下層植生と落ち葉を合わせたものです。

縦軸は、降った雨のうち、地中にしみこまずに地表を流れた水の割合です。まず、グラフの右下のあたりをご覧ください。地表面がだいたい75%以上覆われていれば、大雨でも9割以上が浸透していました。

次にその左側を見ていただきますと、地表面の被覆が小さいほど、地表を流れる水の割合が大きくなっていました。最大で40%くらいでした。

スライド7 下層植生・落葉と土壌侵食量

では、これによってどれだけ土壌が流れるのか、というデータがこちらです。

注目すべき点は2つあります。一つは、下層植生のほとんどない箇所では、年間で2~10mmの厚さの表層の土壌が侵食されていました。もう一つは、下層植生の植被率80%だと、落葉の堆積も多く、土壌侵食もほとんどなかった、ということです。

このように、下層植生と土壌侵食の関係が明らかになりました。

スライド8 何が問題なのか

こういった、土壌が流れる、というお話をしますと、土石流などの土砂災害に比べれば量が少なくたいした問題ではないという意見も聞かれます。ここでは、それ以前に、森林の中でこれだけのスピードで土壌が失われるということが、非常事態なのだということをお話しておきます。

先ほどのグラフ、年間で厚さ1cmというのは、その年の雨の降り方によって変わってくるとはいえ、植物のまったく生えていないはげ山の侵食量と同じオーダーです。ひどくなると、このように水みちがどん深くなって行って、侵食が加速します。そもそも、森林土壌がつくられるのに数百年とかかかると言われていますので、一度失われると簡単には回復させることができません。こうなってしまうと、森林がその機能を発揮できなくなります。

では、どうすればよいのでしょうか。そのヒントは現場にありました。

スライド9 再生の鍵は“落葉”

再生の鍵は、落葉です。下層植生が衰退してしまった、もはや非常事態においては、落葉の影響が大きくなります。ここはブナ林ですので、落葉は秋に供給されます。ところが、下層植生がないと、何もひっかかりがないので、雨や風で流されて、次の夏にはほとんど無くなります。そして、そのような季節変動は、地表流の発生や土壌侵食にも反映していました。

スライド10 広葉樹林で有効な土壌保全工

これをヒントに対策工が生まれました。秋に高木から供給される落葉を地表面にとどめる手法です。現地の微地形に応じて、要所要所に配置し、形も様々です。施工翌年には実際に土壌侵食が軽減されることも確認されました。

これは平成18年には手法開発され、平成19年の水源税の開始とともに本格事業展開をしております。

スライド 11 堂平地区における総合的な対策

この土壤保全対策を加えまして、堂平地区では、これまで総合的な対策が展開されてきました。総合的なというのは、相互に関連する要因、つまり、シカ・下層植生・土壤、この3つの要因は、常に綱引きするように連動し合っていますので、これを一体として捉えて、それぞれの対策には長期的、短期的など得意不得意がありますので、組み合わせでやっていくということです。

スライド 12 総合的な対策の効果

その対策の結果がこちらです。管理捕獲によって、シカは少なくなり、植生保護柵の外側でも植生回復がみられています。

また、土壤保全対策の施工後4年程度で、下層植生と落葉による被覆率は100%近くになり、その後を追うように、下層植生だけの植被率の割合も増加の傾向です。

スライド 13 水源林整備による土壤保全まとめ

では、水源林整備による土壤保全について、ここでいったんまとめます。

針葉樹人工林では、田村の報告にあったように、整備によって、下層植生が回復します。下層植生と土壤侵食の関係は明らかですので、整備で土壤は保全されます。

シカの影響で、下層植生の衰退した広葉樹林については、堂平の事例のように、シカ、植生、土壤の一体的な対策により土壤が保全されます。

つまり、現在実施中の対策をさらに推進することで、水源林では土壤が保全されて、森林の機能も低下しない、と言えます。

スライド 14 ②下層植生回復・土壤保全によって下流への水や土地の流出が変化するか

ではここからは、いよいよ、整備と水との関係に迫っていきます。

ここでは、これまでにいったいどこまでわかっているのか、という解説をさせていただき、次に実際の整備効果の検証という流れでお話します。

スライド 15 小流域の調査とは

先ほどの土壤保全の話では、林の中の地表面の話でしたが、ここからは水ということで、流域、集水域として見ていきます。流域になると、話が複雑になります。森林に降った雨は、一部は蒸散等の作用で大気中に放出されますが、多くは土壤に到達して、通常の場合は、いったん地下に浸透します。そして徐々に下流に流れていきます。

スライド 16 複雑な水の流出機構

例えば、東丹沢の大洞沢で、東京大学が調査した結果では、年間の降水量が約300mm、蒸発散で大気に戻る分がその10%、また、地中深くに浸透するのが14%、残った76%が下流に流出していました。

このように、降った雨が下流に流出する過程では、雨はもちろん、地質、地形、森林、植生、土壤など多くの要因が関係してきます。

そして、この要因が場所によって異なり、流出機構も少しずつ違ってきます。

スライド 17 森林と水、どこまでわかっているのか

では、森林と水の関係、いったいどこまでわかっているのでしょうか。これまで国内外の研究機関で、様々な結果が得られています。ここでは細かく説明しませんが、少なくとも共通して言えることは、森林も水をつかっている、ということです。

これは、森林に水をとられてしまう、と思うよりも、森林も自然の水循環系の一部であると理解するほうが的確ではないかと思います。そして、その水循環系では、地質などの自然条件も大きく影響します。

それと、もう1点、下層植生の回復と水との関係を把握した事例は、まだほとんどありません。そういったことから、対策と平行して検証を行っていく必要があります。

スライド 18 対照流域法による整備効果の検証

そこで、対照流域法という方法で検証を行っています。これは丹沢の例ですが、小流域の調査地をペアで設けて、一方は植生保護柵で囲いシカを排除し、下層植生を回復させます。もう一方は、そのままです。それぞれの流域末端では、水量、水質などを継続して測定します。

スライド 19 東丹沢大洞沢の試験流域

こちらが、東丹沢の大洞沢試験流域の例です。2つの流域をペアで設けて、片方が実施流域、もう片方がなにもしない流域です。実施流域では、平成24年3月に植生保護柵で流域全体を囲いました。そして、総合的な調査を継続していますが、残念ながら、現時点では、まだ水の変化ははっきりと現れていません。

スライド 20 予想される水・土壌流出変化と効果

ですが、仮説として、流域内の下層植生が回復することによって、この3つの点で変化が現れると予想しています。

一つは、洪水時の流量の減少、これは、雨が降ったときの流域内の地表流が減少すると考えられるためです。これは、下流にとっては、水流出の安定化という効果につながると予想されます。

二つ目は、渓流水のにごりの減少です。これは、雨がふったときの土壌の流出が減少するためです。これは、下流にとっては、付着藻類などの水生生物の生息環境に影響すると予想され、溪流生態系への負荷の軽減につながると予想されます。

三つ目は、水質です。下層植生が増える分、土壌中の養分が吸収されますので、水質では窒素などの濃度が減少すると予想されます。

もともと市街地や農地から流出する水と比べて、森林から流出する水はとても濃度が低いので、下流ではそれらを希釈する効果があります。その効果がもっと高まるということです。

スライド 21 整備前後の下層植生の変化

それでは、実際の大洞沢での調査の状況です。整備前後の下層植生の変化を把握しています。

流域内の分布は、尾根に人工林があつて不嗜好性植物が茂っていました。沢沿いや下

流側が広葉樹林となっていて、裸地になっていました。柵を設置して3年近く経ちますが、裸地の植生回復には至っていません。ですが、もともと植生があったところでは、現存量は増加しています。流域全体では、植生が回復している途中といえます。

スライド 22 整備前の土壌・土砂の流出特性把握

また、土壌侵食の関係です。下層植生とあわせて東京農工大学の五味准教授のグループが調査をしています。植生保護柵の設置前の段階で、それぞれの流域で、どのくらい裸地があって、どのくらいの土壌、または土砂がでているか、ということ把握しました。これも今後の変化をみていきます。

スライド 23 水循環モデルによるシナリオ解析の試行

そして、水のほうは、まだ現地では変化がみえていないので、水循環モデルによるシナリオ解析の結果をご紹介します。これは、年間の日流量を多い順に並べ替えたものです。下層植生が回復した場合が、緑のラインで、流量が最大になるあたりが、黒のラインの現況よりも下回っています。対策をしない場合が赤のラインで、最大と最小の開きが大きくなって、年間を通して流量が不安定になります。

スライド 24 多様な自然に対応した検証

このような試験流域、本日は時間の都合で全部は紹介できませんが、県内の4地域にそれぞれ設定し調査を進めています。

この4地域は、地質や地形といったもとの自然条件が異なっているのと、人工林の多い小仏や箱根外輪山に対して比較的広葉樹林の多い丹沢、またシカの影響はこれまではほぼ丹沢だけ、という水源林の課題も少し違いがあります。このため、それぞれの自然条件や課題に対応して検証をしていく必要があります。

スライド 25 水源林整備と水・土の流出のまとめ

最後にまとめです。すでにお話しているように、整備で土壌は保全されます。

そして、下流への水や土の流出については、水源地域の多様な自然条件に対応して現在検証中ですが、予想される効果は、水流出の安定化、溪流生態系や水質への負荷の軽減です。シナリオ解析からは、特に対策をしない場合の悪影響が大きい可能性があります。こういったことから、土壌も水も、悪くなったものを再生するだけでなく、悪くならないように保全することも重要であると思われます。

スライド 26 さいごに

最後になりましたが、本日ご報告した研究成果は、それぞれの研究機関との共同研究によるものです。

私のからは以上です。ご清聴ありがとうございます。

以上

5) 水源林整備における生態系効果把握調査

(自然環境保全センター 研究連携課 特別研究員 成瀬 真理生)

スライド1 表紙

引き続きして水源林整備における森林生態系効果把握調査についてご報告いたします。

本日、話す内容はこの調査の目的、調査の内容と行程、また、調査を始めて時間が浅いですが、現時点での調査結果をお話しします。



スライド2 これまでの取り組み

まず、これまでの取り組みとして、先ほど内山と田村が話したように、植生と水に関するモニタリングを行ってきました。

その中で、土壌保全工や植生保護柵といった個々の事業の成果が出てきていること、水の評価は時間が掛かることを踏まえて、この二つを結ぶ評価、またわかりやすい水源林整備の効果の表し方として、生き物の変化を指標にしてはどうかという意見が、かながわ県民会議からあり、これを実行する事業が本調査になります。

スライド3 森林の保全・再生における健全化のシナリオ

森林の保全再生シナリオにおける本事業の位置付けについてご説明します。

保護柵や保全工、森林の整備、シカの捕獲事業の効果によって林床植生が回復することは田村のお話しした植生モニタリングの部分になります。またこれによって、水源涵養機能が向上し良質な水を育む森になったか検討する事業が内山はお話しした部分です。

この二つの中間部に位置し、これからお話しする部分が森林生態系効果の把握が、四角でお示した本事業の内容になります。

スライド4 間伐後の時間経過による林分と生物相の変化

四角の部分をより詳しく表したのがこちらの図になります。これはあくまでイメージなのですが、荒廃した森林を間伐などの整備をすることにより徐々に良い状態に持っていくことにより、植物が繁茂していきます。それにより土壌動物や昆虫、鳥類、哺乳類といった、各生物が変化していくことが予想されます。

スライド5 調査の目的

そこで本事業ではスギ、ヒノキ人工林の整備が生き物に及ぼす効果を林分スケール及び山域スケールで明らかにすることを目的としました。なお今回は、間伐により増えた生き物、また林床植物の量と関係性があった生き物について報告しますが、現時点ではあくまで傾向があるという事で留まっており、実際に植物の影響のみで増えたかどうかは今後科学的に検証していかなくては断言できません。

スライド6 調査地域の設定

ここから調査の設計に入っていきます。まず、調査地に選ぶ方ですが、神奈川県的主要な森林地帯である、小仏、丹沢、箱根外輪山の3つの地域にそれぞれ調査区を設置することとしました。また、森林整備の方法が同じ森林が対象となるように、水源林の中でも水源協定林を調査することにしました。

スライド7 水源協定林の対象森林と目標林型

この水源協定林には主にスギ・ヒノキの人工林と広葉樹林があり、それぞれ針広混交林と下層植生が発達した広葉樹林をめさして、間伐などの整備が行われています。

スライド8 調査林分の選定基準

実際に調査を行った林分はスギ・ヒノキの人工林で、間伐前の林分と間伐から1～6年たった林分に調査プロットを設置します。スギ林・ヒノキ林にそれぞれ9プロットずつ設置し、この2つの林相と比較するために、広葉樹林にも数か所プロットを設置します。そしてあくまでも間伐を1回しかしていない所を対象としています。これを3流域で行います。

スライド9 森林生態系効果把握モニタリング工程表

調査の予定はこのようになっており、今年度に小仏と外輪山で調査を行いました。また来年度には丹沢での調査を行う予定です。また第3期以降には今回調査をする林分で追跡調査を行うことにより、生き物の変化を追っていきます。現在、今年度の調査データが集まってきている段階でありますので、今回の報告では一回目の小仏の調査データからわかったことについてお示しする形になります。また調査場所は同じというのがとても重要です。

スライド10 調査地の林況（小仏）

小仏山地のそれぞれの林相の状況です。上からスギ林・ヒノキ林・広葉樹林、左から間伐前、間伐直後、間伐からの時間が経過した林分です。小仏山地では場所によっては間伐前から下層植生が繁茂している場所も見受けられました。いずれにしろ、間伐から時間が経過すると下層植生の量が増えていました。これらの写真タに対応する9タイプの森林に3プロットずつ調査区を設置しました。

スライド11 調査プロットの設置

基本となる方形区の大きさは20m×20mで、これを基準に様々な生物の調査を行いました。写真で見えているはしご状の枠は、林床植生の調査をする枠で、見にくいですが赤い杭が中心点になります。

スライド12 対象とする生き物の選定

調査を生き物は森林の土壌や植物の状態に影響すると考える生き物で、生態系ピラミッドの下の部分を支える土壌動物から、高次捕食者である鳥類や哺乳類まで幅広く調査しました。

スライド 13 調査の様子

こちらが調査の様子になります。左上から植物調査は埋没調査を含み木の高さ・幹の太さ・本数などの調査も行う。土壌動物であるササラダニとミミズ類の調査中段は地表性と林床性の昆虫の調査で、ピットホール調査（紙コップを置いてどのような虫が落ちてくるのか）とスイーピング調査（下層植生が生えている場所にて網で虫を捕る調査）を行います。ピットホール調査では主に蟻の仲間が採れ、スイーピング調査では蠅の仲間が採取されました。下段が鳥類と哺乳類の調査になります。哺乳類は小型哺乳類でネズミなど。その他センサーカメラでも調査し、撮れた動物はシカ、イノシシ、タヌキが確認されています。これら項目の数としては 10 種類の調査を行いました。

スライド 14 他県の取り組み状況

このような森林と生き物に関する調査は他県でも行われていますが、本県ほどの規模はなく、貴重な調査と言えそうです。

スライド 15 間伐の効果が確認できた生き物

それでは、結果についてご報告します。

まず、今回わかったことの全体像をお示しします。白塗りは弱い相関、順に青、オレンジ色となっております。またスギ林・ヒノキ林でそれぞれ効果が現れた生き物が異なりました。まずスギ林では間伐から時間が経過することで林床植被率と林床植物の種数が増加する傾向がありました。また、ミミズの個体数も増加していました。次の段階として、林床植物の種数が多かった林分では、林床性昆虫が多い傾向がみられ、林床被覆率が高い林分では林床性昆虫とやぶ性の鳥類が多い傾向がありました。

一方、ヒノキ林では間伐の効果ではササラダニ類が強い相関を示し、植物との関係では林床性、林床性昆虫で強い相関があり、ニホンノウサギとも関係性が見られました。

スライド 16 間伐との関係（植物調査）

個々の生き物について見ていきます。植物では間伐からの年数が経過するといずれの林分の種数・植被率が増加していました。

スライド 17 間伐との関係（土壌動物）

次に土壌動物では、一旦は減りますが、ササラダニの種数が今回の調査で一番強い相関を示していました。

スライド 18 林床植物種数との関係（林床性昆虫）

続いて林床植物の種数と関係性があったのは林床性の昆虫で、スギ林、ヒノキ林の両林相で種数・個体数ともに相関関係が認められました。

スライド 19 植被率との関係（林床性昆虫）

植被率との関係では、同じ昆虫でも林床性のものと相関があり、特にヒノキ林で昆虫の種数との関係性が強いことがわかりました。

スライド 20 植被率との関係（鳥類・哺乳類）

最後に、生態系ピラミッドの上位に位置する高次捕食者では、鳥類の中でもやぶに生息する種類ものは植被率が高いところを好む傾向があり、哺乳類の中ではニホンノウサギがヒノキ林で植被率との相関が見受けられました。

スライド 21 まとめ

今一度、今回の結果をまとめると以下のようになります。

- ・植物と土壌動物は間伐により短期間で効果が現れていた。
- ・林床植物の種数が多い調査地では、林床性昆虫が多い傾向にあった。
- ・林床植被率が高い調査地では、林床性昆虫や藪性鳥類、ニホンノウサギが多い傾向にあった。

スライド 22 今後の課題

今後の課題は、

- ・平成 27 年度に丹沢地域の水源協定林で同様の調査をすること。
- ・5 年後、10 年後に同一地点で追跡調査することで間伐が進み、針広混交林化する過程での生き物の変化をみていくこと。
- ・そして、箱根外輪山や丹沢山地の調査結果と比較してそれぞれの地域の多様性を総合的に評価していくことで、森林と生き物の関係性を解き明かしていければと思っています。

以上

6) 全体講評

(東京大学大学院農学生命科学研究科 教授 鈴木 雅一)

スライド1 表紙

もう何年前になるのでしょうか。丹沢大山総合調査が行われた時に、水土分野で水と土の流出等の調査に参加させていただきました。それ以来、今日発表いただいたような研究テーマについての議論を続けてきました。

何回か話が出てきましたが、水源環境保全に関わる事業を検証する「水源環境保全・再生かながわ県民会議」というものがあり、昨年その委員に就任しました。

今日の研究報告を伺った感想を述べますと、まず発表された方にご苦勞様でしたと申し上げたい。複雑な話を割と分かりやすくしていただいたと思いました。もう1つは、どの発表者も森の話と水の話とシカの話が入っていました。

一般的に研究発表はテーマを絞ると、森の話は植物や森林だけ、シカの話をする人はシカだけ触れることになりがちですが、今日の発表は、皆さんが複数あるいは3つ以上の要素のつながりについて説明されていたと思います。考えてみればこれは、神奈川県の特長性というか、自然環境保全センターの発表会の特殊性だと思います。他地域では、自然がつながっていることをそのまま受け止めて説明することはあまりないように思います。



スライド2 東丹沢の中津川エリアで実施している事業

これは以前、自然環境保全センターが作成した模式図ですが、先ほどから話が出ている丹沢の堂平という所で自然環境に関する様々な事業が行われています。例えば国交省は砂防法に基づいて砂防事業を行い、林野庁は森林法に基づいてその治山事業や森林整備を行っている。そして環境省は鳥獣保護法に基づいた事業や、自然公園法に基づいた自然公園施設整備事業を行っている。神奈川県は、独自財源による様々な県単独事業を行っている。このように一つの森で様々な事業が行われています。

各事業の上には法律があり、各中央官庁がその法律を管理しているのですが、実際には色々な県のレベルや現場のレベルでみると、一つの領域のなかで色々な事が行われています。これが全部、森か人工林か自然林、シカ、自然公園の話があって、こうなっている。通常、普通の都道府県の職員の方と話をしていると、縦割りのとおりで私はこの仕事をしていますという説明をされます。けれども今日の研究報告は、それぞれ様々な話がありますが、それ全部を横断的に見てつながりを説明していただきました。今日の話は特別な感じを持って聞かせていただきました。

スライド3 丹沢・大山自然環境保全再生事業の目標

この背景は、以前、平成19年度に第1期丹沢大山自然再生計画がつけられて、自然

環境保全再生事業というのが、現況から 50 年先の姿について、例えば高標高地域はブナ林を再生したいとか、中腹の人工林は維持しつつ、シカにいてもらって村のほうにはあまり出てこないようにするといった目標をつくり進んでいます。

スライド 4 かながわ水源環境保全・再生施策大綱

それからもう一つ、最後に「かながわ水源環境保全・再生施策大綱」とうものがあります。個人県民税を 1 人あたり平均 950 円ほど余計にいただいて、毎年 37 億か 38 億の税収となる。大綱の計画期間は平成 19 年度から 38 年度の 20 年間。5 年毎に計画をたてて 5 年毎に事業を進めていき、5 年毎に見直して必要がなくなればやめてしまうといった枠組みです。

この税収の一部が森林の保全にも使われるので、その効果があった事を説明しなければならぬというプレッシャーがおそらく神奈川県の方にあると思います。自然環境保全センターは、調査機関の側面と行政機関の側面を両方お持ちで、事業の効果をきちんと説明するというミッションをおそらく持っていると思います。1 つ 1 つをバラバラに説明するだけでは足りないという事をよくお分かりになっていて、それで今日のような発表内容となったのだと思います。

スライド 5 総合評価とは

超過課税をいただいて行った事業が本当に役に立ったかどうかの事業評価がこれから出てきます。普通であれば、予算通りにお金を使ったか、間伐の計画面積に対して実際に何ヘクタール間伐したか、といった評価を行います。今日報告された様々な調査は、通常の事業評価よりもレベルの高い、「本当にこの事業は水源環境の保全に役にたったのか」を見るために行われている。そういった意味では説明が難しくなっているため、これからさらに、頑張ってお手伝いいただくという事なのかなと思いました。

スライド 6 丹沢堂平

それから最後に一つだけ写真をお見せしたいと思います。これは堂平の横にある場所ですが、2004 年 5 月に撮影した写真と、2014 年 6 月に撮影した写真で、ちょうど 10 年経過しています。両方とも、私が現地へ行った時に撮影しましたが、10 年前はこんなにコンクリートを沢山使っていたのかという状況です。それだけこの谷は荒れていた訳ですね。このくらいの構造物を造らないと落ち着かなかった。もう一つは斜面にとっても丁寧に、様々な工法の緑化工事が行われていました。それで 10 年経過したらその効果、つまり緑化事業が成功したとか、あるいは、この構造物を入れて深く安定したという事があるかと思っています。

もう一つ、ここでずっと調査をされている方の話を聞くと、2004 年はシカが多く、1 平方キロあたり 30~40 頭いた頃で、これがずっと減少し、今、1 平方キロあたり 8~10 頭位になってきたので、シカが減ったことでこれだけの植生が戻ってきたのではないかという議論があります。ですので、そういう意味で全体的に一つずつ何が起きたのか議論しようと思うと、先ほどご説明いただいたような、詳細な調査をしていかなければいけません。

総合的にいうと、「この谷の自然度は 10 年前に比べて高くなった。」という評価はできるのかなと、思っています。先ほどからご説明いただいているような、きわめて分析的な調査と、トータルで何が変わったかというものを含め、データをしっかりとっていただければ、事業がちゃんと進んでいるのか、考え直す事がないのか、という事が分かってくると思います。講評になったかどうか分かりませんが、感想を述べさせて頂きました。どうもありがとうございました。

以上

3 会場の様子



会場入口：受付



司会



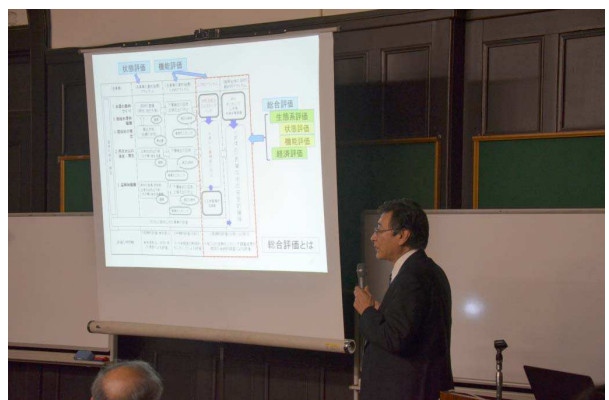
会場の様子



会場の様子



発表の様子



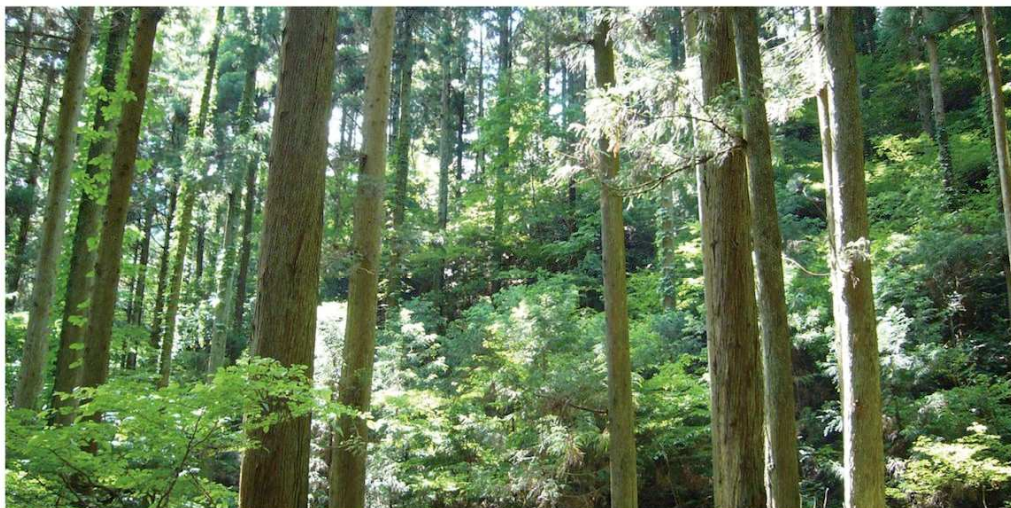
全体講評の様子

4 配布資料

1) プログラム (A4 版、片面)

自然環境保全センター 研究成果報告会

水源林再生の最前線



現在、丹沢をはじめとした神奈川県の水源地では、スギやヒノキの人工林の間伐など、水源林の「緑のダムとしての働きを高める取組みが進んでいます。

自然環境保全センターでは、間伐などの各種水源林再生対策と並行して、対策の効果を科学的に調べています。本報告会では、現時点までの成果を報告します。

■プログラム

18:30 ~ 18:35	開会挨拶
18:35 ~ 18:45	水源林の再生とは
18:45 ~ 19:15	水源林整備の意義と整備の効果
19:15 ~ 19:45	水源林整備と水や土の流出の関係
19:45 ~ 20:15	水源林整備における生態系効果把握調査
20:15 ~ 20:25	全体講評 東京大学大学院教授 鈴木雅一

日 時 平成 27 年 2 月 27 日 (金) 18:30 ~ 20:30
場 所 横浜市開港記念会館 6 号室
主 催 神奈川県自然環境保全センター 研究連携課



2) スライド資料 (A4 版、両面)



水源林の再生とは
～神奈川県の問題と対策、その効果検証～

神奈川県自然環境保全センター
研究連携課

県西部の山地に広がる水源林

水道水源は、取水堰や貯水ダムなどの上流域
→神奈川県西部と山梨・静岡の一部に広がる森林地帯

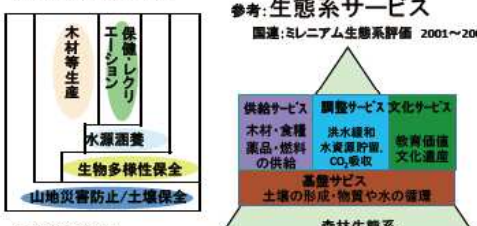


凡例

- 人工林 杉、ヒノキなど(針葉樹)
- 広葉樹林 びや、ケヤキ、コナラ、シバなど
- 草地ほか 牧草、ススキ、牧草畑、芝地、雑草など
- 水源保全地域 水源環境保全 再生施策の対象地域
- 農耕地 畑、水田、果樹園、草場など
- 牧草地
- 水域

森林の多面的機能 森林・林業基本計画2011

機能の階層性



参考:生態系サービス
国連:ミレニアム生態系評価 2001~2005

供給サービス: 木材・食糧、薬品・燃料の供給
調整サービス: 洪水緩和、水資源貯蓄、CO₂吸収
文化サービス: 教育価値、文化遺産

高層サービス: 土壌の形成・物質や水の循環

森林生態系

上記の機能のほか、快適環境形成機能、文化機能が位置付けられている。

森林の多面的機能の階層性

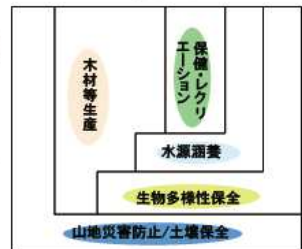
かつての機能区分 (1977制定・1991:生活環境保全を追加)

- 1 水源かん養
- 2 土砂流出防備
- 3 土砂崩壊防備
- 4 飛砂防備
- 5 防風/水害防備/潮害防備/干害防備/防雪/防霧
- 6 なだれ防止/落石防止
- 7 防火
- 8 魚つき
- 9 航行目標
- 10 保護
- 11 風致

木材生産
水源涵養
山地災害防止
生活環境保全
保護文化

保安林種

標高・気候



地形・地質

(木材生産を除いた機能を公益的機能と呼ぶこともある)

水源林は「緑のダム」

森林に降った雨は、いったん地中にしみ込んでゆっくりと川に流れ出る →「緑のダム」とよばれる



「緑のダム」のメカニズムは、細かくみると非常に複雑で、すべてが科学的に解明されているわけではない。ただ、確実にいえることは、**森林の土壌が重要**であること。

かながわの水源林の課題

1990年代以降に顕在化した新たな課題



手入れ遅れの人工林 増えたシカによる採食

下層植生の衰退
森林土壌の流出・貧弱化

メカニズムは後ほど解説

「緑のダム」の働きが低下(または低下のおそれ)

水源林再生の対策とねらい

間伐などの森林整備

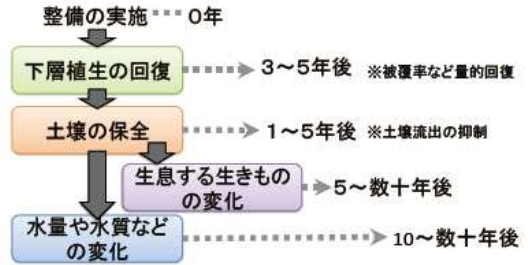


シカ影響の軽減対策



それぞれ、または組み合わせて実施し、
直接的には下層植生の回復を図る＝土壤保全
最終的には、“将来にわたる良質な水の安定的確保”へ
ただし、自然相手の対策は不確実性を伴うため、
対策と並行して調査を行い、検証・見直ししながら進める

対策の効果が現れる時期



自然の営みによって、順次、効果が波及していく。
整備後10年で下層植生回復・土壤保全は達成見込み

本日紹介する研究成果

報告1 水源林整備の意義と効果

水源林の整備によって下層植生状態や森林構造がどうか変わったか

報告2 水源林整備と水や土の流出の関係

水源林の整備で土壤が保全されるか、下流への水や土の流出は変化するか

報告3 水源林整備における森林生態系効果把握調査

水源林の整備によって生きものも豊かになるのかどうか

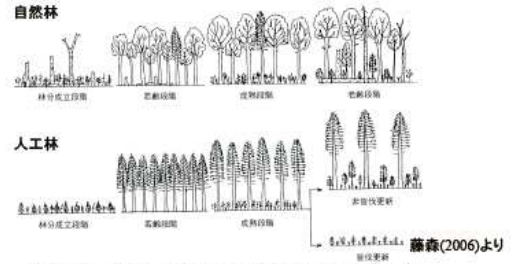
水源林整備の意義と効果 —モニタリングから見えてきたこと—

内 容

1. 森林を整備(間伐)する意義
2. 水源の森林づくり
3. 整備後の下層植生の回復状況
(1)人工林、(2)広葉樹林

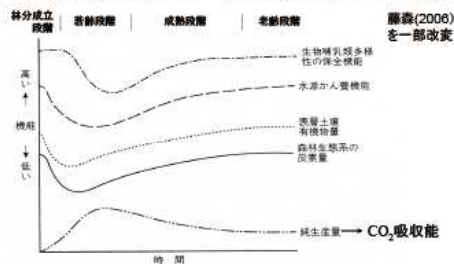
自然環境保全センター研究連携課 田村 淳

森林の発達の仕方



- 自然林は時間が経過すると段階が進行
- 人工林では間伐することで段階が進行

発達段階と森林の諸機能との関係



- 若齢段階で一旦低下して、老齢段階に向けて向上する機能が多い。⇒ **林齢が鍵**

手入れ遅れの人工林で起こること



森林の土壌保全機能

①表面浸食の防止

→ A₀層と下層植生(高さ4mまで)が効果

②表層崩壊の防止

→ 樹木の根が効果

⇒ 階層構造の発達した森林(成熟段階以降)で土壌保全機能が高まる。



2. 水源の森林づくり(H9~)

目的: 公的機能の高い森林づくり

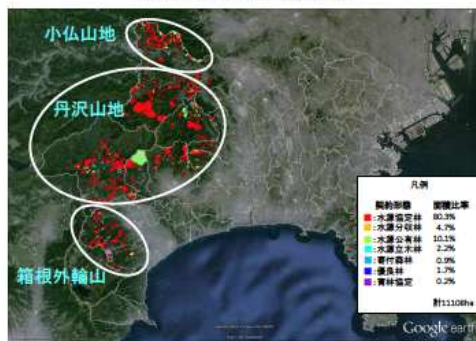
水源の森林エリアの
私有林を確保

5つの目標林型

公的管理と支援により
面的・集中的に森林整備



確保した水源林



5つの目標林型



整備の手法



- 間伐(本数調整伐)が主体
- 丹沢では、シカの採食から植物を守る植生保護柵が設置されることもあり

整備の進め方



- 公益的機能のための広葉樹林の整備技術は未確立 ⇒ 里山の管理手法を参考に実施
- PDCAによる順応型管理で改善を図る

3. 整備後の下層植生の回復状況 (1)人工林



- ねらいは間伐後の下層植生の増加
- H14~H20の整備時に調査地を設定
- 調査地は50地点(各地点に複数のプロットあり)

方法

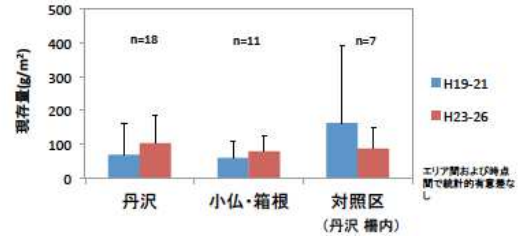


調査項目: 植生、現存量、シカ利用度、光環境
 指標: 草本層現存量、植被率、更新木の樹高
 解析: 2時点で丹沢と小仏・箱根の比較
 丹沢の植生保護柵内は対照区扱い

人工林の変化



草本層の現存量



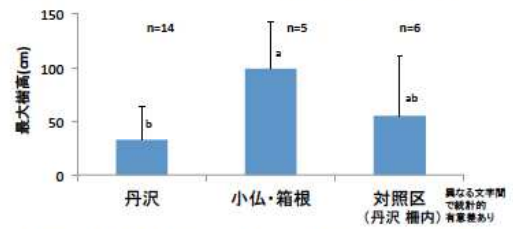
- 両地域ともに現存量はやや増加した。
- 丹沢の現存量は小仏・箱根と同程度である。

丹沢の人工林で多い種



- 丹沢の人工林には不嗜好性種が生えやすい。

人工林内の広葉樹稚樹の樹高



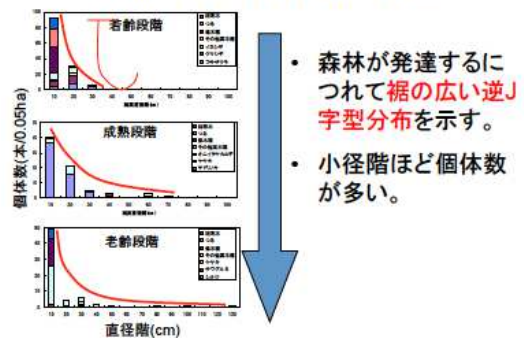
- 丹沢ではシカ影響で稚樹が成長していない？
⇒シカ対策の必要性
- 一方、不嗜好性種の繁茂は稚樹の侵入を阻害？

3. 整備後の回復状況(2)広葉樹林

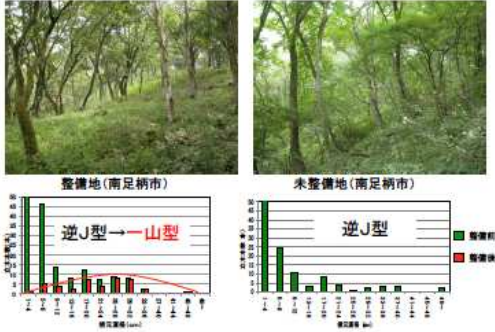


ねらい: 階層構造の発達 + 下層植生の増加
 調査項目: 林分構造(直径、樹高、切り株)
 + 人工林と同じ調査
 指標: 直径分布、草本層現存量、植被率

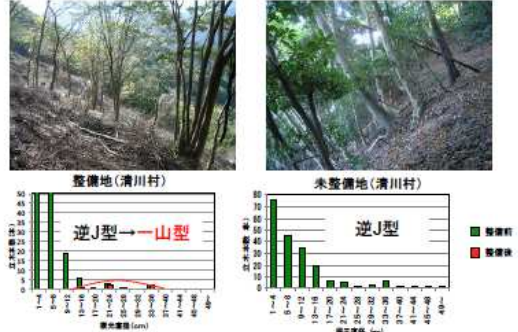
自然林の直径分布の特徴



整備地と未整備地の直径分布1



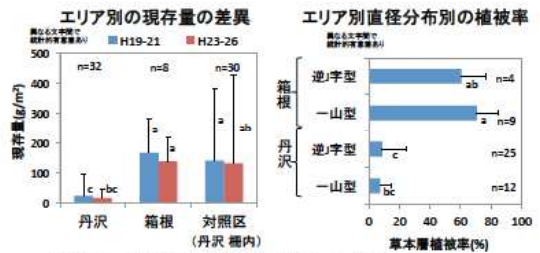
整備地と未整備地の直径分布2



広葉樹林の変化

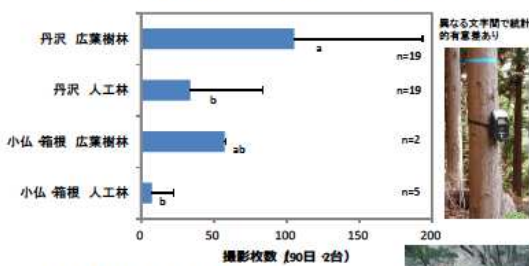


広葉樹林の下層植生の状態



- 丹沢の現存量は箱根よりも少ない。
- 直径分布によらず丹沢の植被率は低い。

エリア及び林相別のシカの利用頻度



- 広葉樹林で多く撮影された。
- ⇒ シカは広葉樹林を好む傾向あり

モニタリングからわかってきたこと — 針葉樹人工林 —

- 間伐すると下層植生が増加
- ただし、丹沢では不嗜好性種が主体
- 丹沢では稚樹は成長せず

◎ 定期的な間伐で目標林型に誘導可
◎ 混交林化に向けて、多様な樹木を更新させるにはシカの対策と下層植生の制御が必要
⇒ シカ管理と森林整備の一体的取り組みの継続

モニタリングからわかってきたこと

— 広葉樹林 —

◇シカ影響小(箱根)

- 小径木(低木)が少なくなる代わりに
草本層植被がやや増加

⇒時間の経過で発達段階が進行

◇シカ影響大(丹沢)

- 小径木が少なくなり、草本層植被は増加せず

⇒時間が経過しても元に戻らず

◎シカ対策と土壤保全対策がポイント

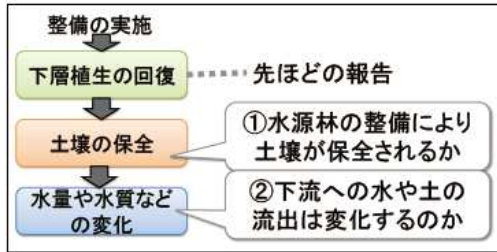
水源の森林づくり事業への反映



- モニタリング結果は
H25年3月改訂の
『手引き』に反映
- 「広葉樹林整備」は伐採
よりも植生保護柵の設置
や土壤保全対策を主体
に実施することに転換

平成25年3月改訂

水源林整備と水や土の流出の関係



自然環境保全センター研究連携課 内山佳美

①水源林整備により土壌が保全されるか

～東丹沢堂平地区の小区画の調査から～

下層植生衰退地の土壌侵食の実態
↓
土壌保全対策の効果

東丹沢堂平地区



清川村堂平地区
(相模川水系 宮ヶ瀬ダム上流)
標高1200m、ブナ林
丹沢大山国定公園の特別保護地区
シカが多く生息し下層植生が衰退

シカ生息密度(管理捕獲前)
H14に40頭/km²程度
特にシカが多かったため
先駆的な調査・対策を実施



小区画の調査地

H16より、柵内・柵外に2×5mプロットを設定し、
雨量・下層植生・落葉の堆積・地表流・土壌侵食を継続調査



植被率80%



植被率40%



植被率1%



植生保護柵(耳S設置)内側



※東京農工大学と共同研究

【実態】下層植生と土壌流出の関係

地面がむき出しになって
いると...



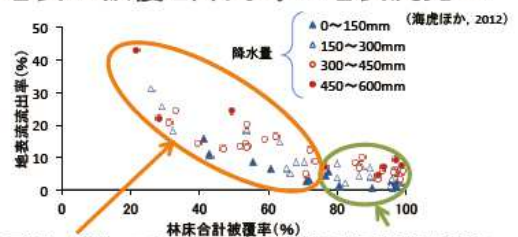
雨粒の衝撃で土壌表面が目詰まりし
雨水が地中に浸透しにくくなり、
地表を流れる雨水に土壌も流される
⇒土壌流失・貧弱化
※手入れ遅れの人工林でも同様

本来の森林では...



地表が下層植生や落葉で覆われていると
降った雨の多くが
地中に浸透し、
地表流はほとんど
発生しない

地表の被覆と降雨時の地表流発生

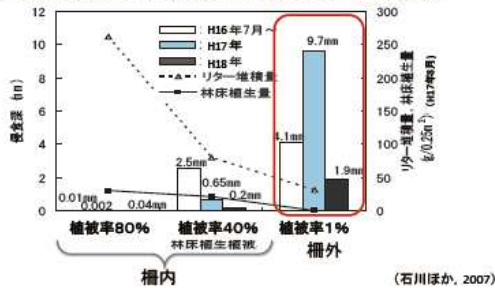


下層植生や落葉による
地表面の被覆率が小さいほど、
地表を流れる水の割合は多い。
地中に浸透して降雨後にゆっくり流
出する水が減る

地表面が下層植生と落葉で
75%以上覆われていれば、
大雨でも降った雨の9割以上
が地中に浸透し、降雨後に
ゆっくり流出する

下層植生・落葉と土壌侵食量

下層植生の衰退した箇所では、年間で2~10ミリの土壌侵食
下層植生の植被率80%では落葉の堆積も多く、土壌侵食もない



何が問題なのか

実態として...

①年間で厚さ最大1cmの

森林土壌が流亡
(はげ山の侵食量に近い)

②斜面一帯でみると

侵食形態進行・流出加速



森林土壌の生成には数百年かかるといわれており
“一度失われると回復は難しい”

森林生態系の基盤が失われ、
水源涵養機能をはじめ、森林の機能が低下する

再生の鍵は“落ち葉”

すでに下層植生が衰退した場所では落葉の影響大

- ・落葉は、秋に高木から供給されるが、
風雨等により流出し、夏季に最も堆積が少なくなる
- ・同程度の降雨では、林床被覆率の低い夏季のほうが
地表流量・土壌侵食量が多くなる傾向



写真: 東京農工大学

広葉樹林で有効な土壌保全工

秋に高木から供給される落葉を地表面に留める手法
現地の微地形に応じて、水みちなど要所に配置



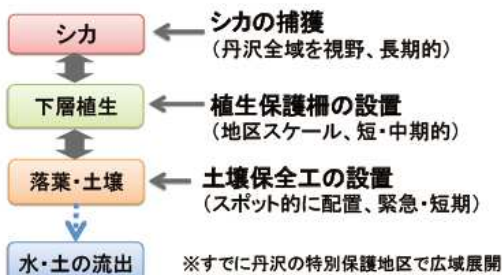
施工直後

施工翌年から効果発揮

H18 学識者・研究部門・事業部門が共同で手法開発
H19 本格事業展開 <http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f160543/>

堂平地区における総合的な対策

相互に関連する要因を一体として対策



総合的な対策の効果

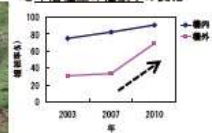
○堂平地区のブナ林の景観の推移



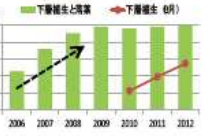
H19.5.18(施工前)

H23.6.29

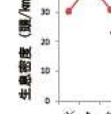
○下層植生の植被率の変化



○土壌保全対策工施工箇所の
被覆率の変化



○管理捕獲による
シカ生息密度の変化



水源林整備による土壌保全 まとめ

- 針葉樹人工林
間伐で下層植生は増加→土壌が保全される
- シカ影響で下層植生の衰退した広葉樹林
→シカ捕獲、植生保護柵、土壌保全工の
一体的な対策により土壌が保全される

現在実施中の対策をさらに推進することで、
土壌が保全され森林の機能も低下しない

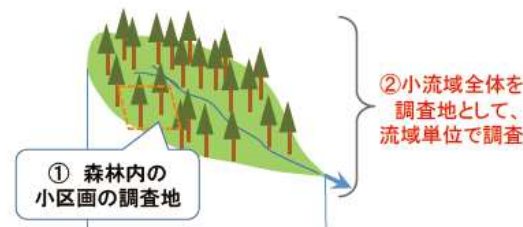
②下層植生回復・土壌保全によって 下流への水や土の流出が変化するか

森林と水、どこまでわかっているのか(解説)

↓
小流域の調査地における整備効果の検証

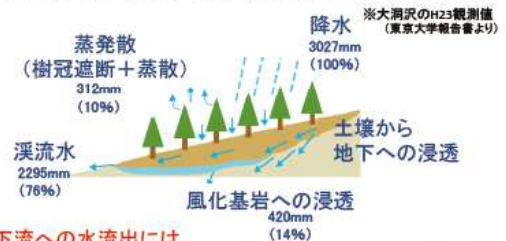
小流域の調査とは

- ①土壌保全の検証→森林内の小区画の調査地
- ②水や土の流出の検証→小流域(集水域)の調査地



複雑な水の流出機構

森林に降った雨は、一部は蒸散等の作用で大気中へ
多くは森林土壌に到達、地下に浸透し、徐々に下流に流出



下流への水流出には、
降水・地質・地形・森林植生など多くの要因が関係する

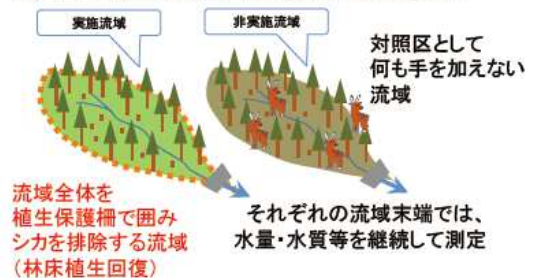
森林と水、どこまでわかっているのか

- ①“森林も水をつかう”
森林も自然の水循環系の一部
整備効果に加えて地質などの自然条件も影響
- ②神奈川のような水源林再生の事例は少ない
流域の下層植生回復と下流の水・土流出の変化との
関係を定量的に把握した研究事例は、まだほとんどない

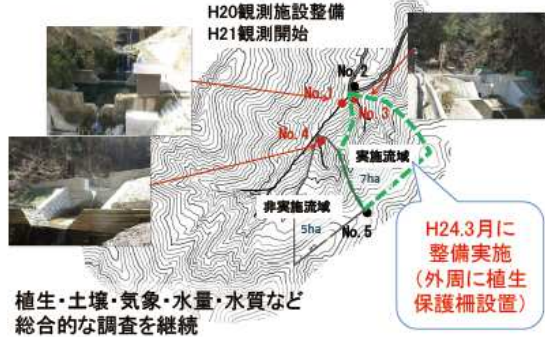
実際に神奈川の水源林で、対策と並行して調査を行い
整備効果を検証する必要がある

対照流域法による整備効果の検証

丹沢の整備の場合:シカと森林の対策を実施



東丹沢大洞沢の試験流域

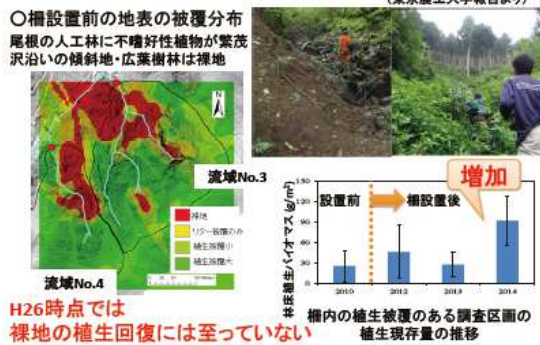


予想される水・土流出変化と効果

流域内の下層植生回復によって…

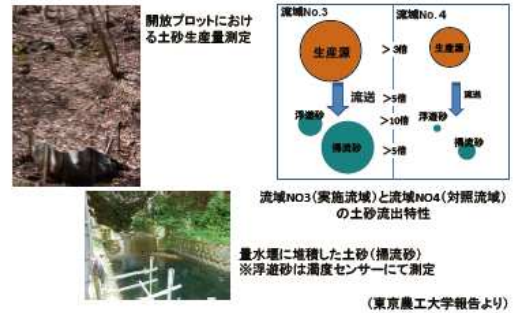
- ①洪水時の流量が減少する
降雨時に地中に浸透せず地表を流出する水が減少
-----> 水流出の安定化
- ②渓流水の濁りの減少
降雨時に森林土壌を起源とする浮遊土砂の流出が減少
※浮遊土砂 径0.1mm以下の土粒子
-----> 渓流生態系への負荷を軽減
- ③渓流水の栄養塩濃度の減少
下層植生による栄養塩吸収により、栄養塩濃度が減少
-----> 下流の水質負荷を軽減

整備前後の下層植生の変化



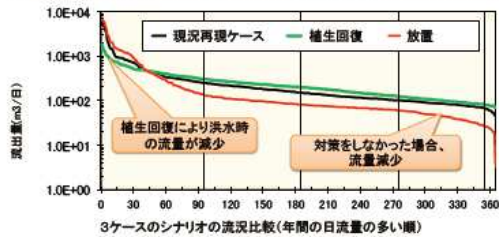
整備前の土壌・土砂の流出特性把握

森林内斜面の生産～流域末端の流出まで、一連の量と質を把握



水循環モデルによるシナリオ解析の試行

大洞沢の植生保護柵で囲んだ流域について、シナリオ解析を実施



- ・流域内の下層植生回復により、洪水時の流量が減少
- ・対策をしないと、水量が不安定に

多様な自然に対応した検証

H20～23に県内4ヶ所の試験流域を設定。



水源林整備と水・土の流出のまとめ

水源林整備によって…

→森林内の下層植生は回復し、土壌も保全される

さらに下流への水・土流出への効果は…

→水源地域の各自然条件に応じて現在検証中

※予想される下流への効果は、

- ・水流出の安定化
- ・溪流生態系や水質への負荷の軽減

※水循環モデルによるシナリオ解析からは、
対策をしない場合の悪影響が大きい可能性

さいごに

本日も報告した研究成果は、自然環境保全センターと各研究機関との共同研究によるものです。

○共同研究機関

東京大学

東京農工大学

(株)地圏環境テクノロジー

ほか



H21.5.1 大洞沢

水源林整備における 森林生態系効果把握調査

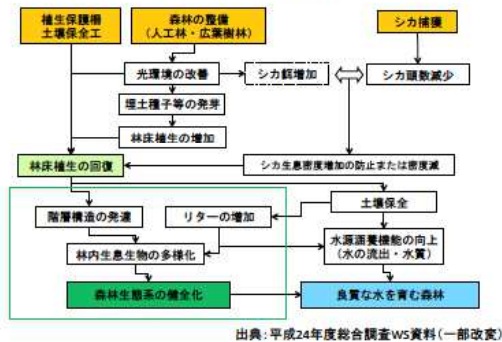
1. 生き物を調査する目的
2. 調査方法と行程
3. 間伐からの時間経過と生き物の関係
(現時点までの調査結果)

自然環境保全センター研究連携課 成瀬真理生

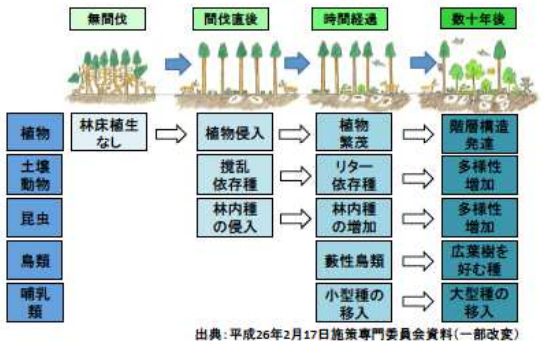
これまでの取り組み

- 植生モニタリングー下層植生の回復を図る
 - 対照流域法ー水の豊かさを計測する
- かながわ県民会議での意見
- 土壤保全工や植生保護柵によって、植生が回復することはわかった
 - 水量の増加や水質の改善には時間が掛かる
⇒植生と水を繋ぐ、だれにでも分かりやすい整備(間伐)の効果として、生き物を指標にしたら良いのでは

森林の保全・再生における健全化のシナリオ



間伐後の時間経過による林分と生物相の変化

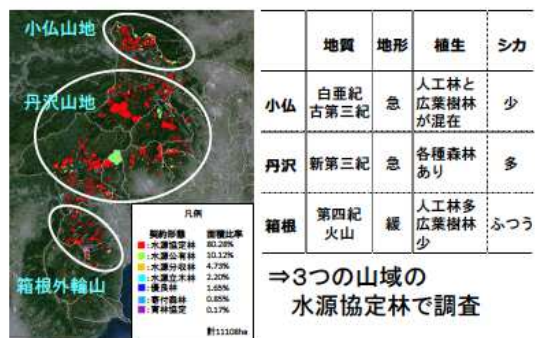


調査の目的

スギ、ヒノキ人工林の整備(間伐)が生き物に及ぼす効果を林分スケール及び山域スケールで明らかにする

- 今回の発表では
林分スケールで間伐前後による林床植生の増加と、それに伴い増加した生き物について報告します

調査地域の選定

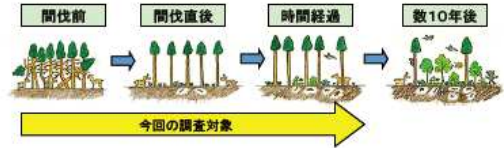


水源協定林の対象森林と目標林型



調査林分の選定基準

- 林相はスギ林、ヒノキ林、**広葉樹林(対照区)**
- 間伐履歴は、間伐前(契約後未施業)と間伐後1~6年を対象(間伐回数1回)
- 各林相のプロットは9か所
- 3流域(小仏・丹沢・外輪山)に設置する



森林生態系効果把握モニタリング工程表

	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33
計画期間	第2期計画期間					第3期計画期間				
小仏	予備調査	本調査		補足調査	追加調査	補足調査				
箱根		本調査		補足調査	追加調査	補足調査				
丹沢			本調査	補足調査		追加調査	補足調査			
ワークショップ	開催			総合評価					総合評価	

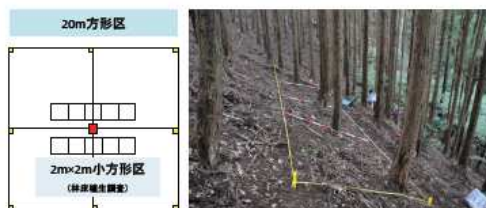
今期計画期間は1回目のデータを取得して、第3期以降に2回目・3回目のデータ取得していく

調査地の林況(小仏)



調査プロットの設置

- 20m×20mの方形区を設置
- この方形区を基準に様々な生物の調査を行った



対象とする生き物の選定



- 水源の森林づくりで操作するのは**植物(森林)**
- 分解者の「**土壌動物**」や消費者の「**昆虫**」、より高次消費者の「**鳥類**」と「**哺乳類**」を対象

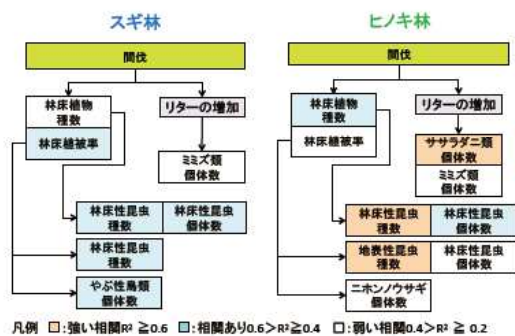


他県の取り組み状況

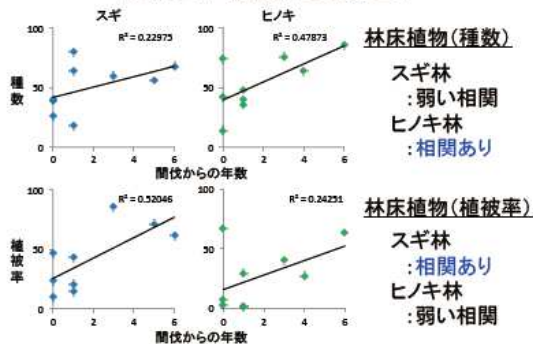
	神奈川県	山形県	山梨県	静岡県	石川県	三重県
林相	スギ ヒノキ 広葉樹	スギ	?	スギ ヒノキ	スギ 広葉樹*	ヒノキ 広葉樹*
比較 年数	間伐後の 年数	無間伐 間伐区	?	無間伐 間伐区	無間伐 間伐区	林相間
哺乳類	○	-	-	-	○	コウモリ
鳥類	○	○	-	-	○	○
昆虫	○	甲虫 ハチ	○	オサムシ	ゴミムシ カミキリ チヨフ	夜行性飛 翔種
植物	○	○	○	-	-	-
菌類	-	-	○	-	-	-
土壌動物	○	大中小	-	-	-	-
特記事項		3年間	森林認証	3年間		3年間

・ 本県ほど多岐にわたる分類群を対象としていない

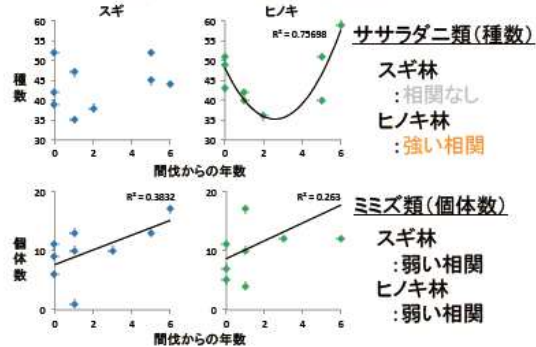
間伐の効果が確認できた生き物



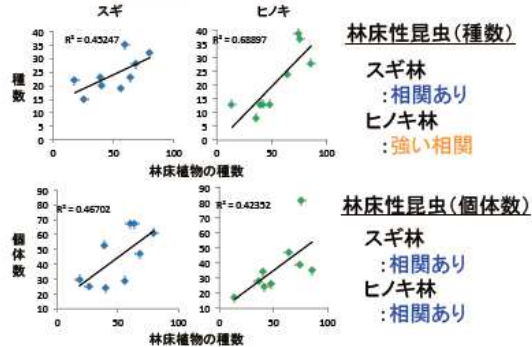
間伐との関係(植物調査)



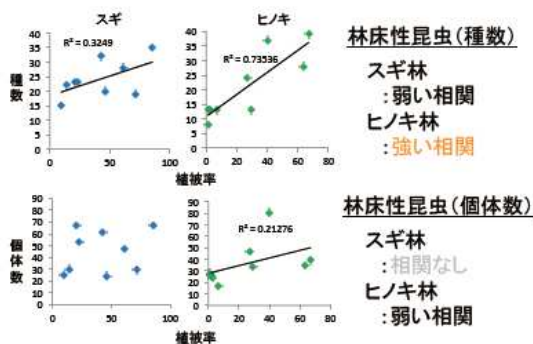
間伐との関係(土壌動物)



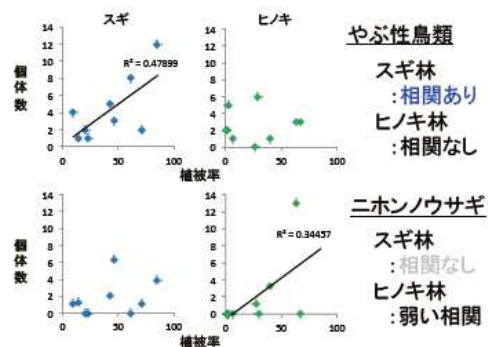
林床植物種数との関係(林床性昆虫)



植被率との関係(林床性昆虫)



植被率との関係(鳥類・哺乳類)



まとめ

- 植物と土壌動物は間伐により短期間で効果があらわれていた
- 林床植物の種数が多い調査地では、林床性昆虫が多い傾向にあった
- 林床植被率が高い調査地では、林床性昆虫や藪性鳥類・ニホンノウサギが多い傾向にあった

今後の課題

- H27年度に丹沢地域の水源協定林で同様の調査をする
- 5年後、10年後に同一地点で追跡調査することで間伐が進み、針広混交林化する過程での生き物の変化をみていく
- 箱根外輪山や丹沢山地の調査結果と比較してそれぞれの地域の多様性を総合的に評価をしていく

