

自然環境のモニタリングから見えてきたこと

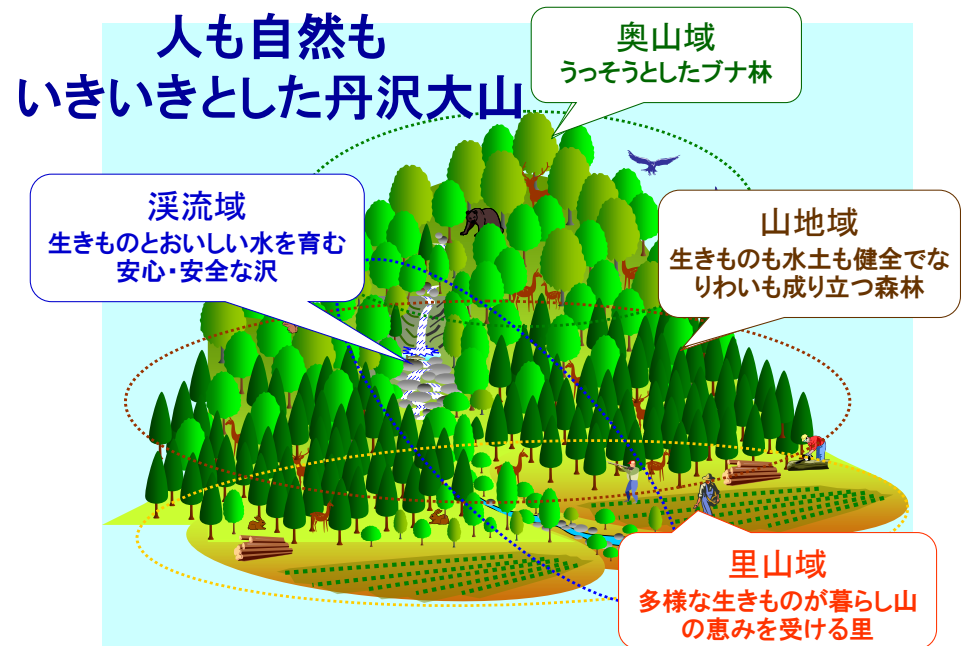
神奈川県北西部に広がる丹沢大山は、私たちのいのちを育み、暮らしを支える大切な水源地域です。また国定公園にも指定され、県内有数の豊かな自然に恵まれた地域でもあります。

しかし近年、稜線部でのブナの立ち枯れ、スギやヒノキの手入れ不足、ニホンジカの採食による植生の衰退、土壌流出が見られるなど、自然環境の劣化が問題となってきました。

神奈川県は、このような状況を打開するため、自然を「保全」するだけでなく自然を取り戻す「自然再生」という視点で取組を進めてきました。^{※1}



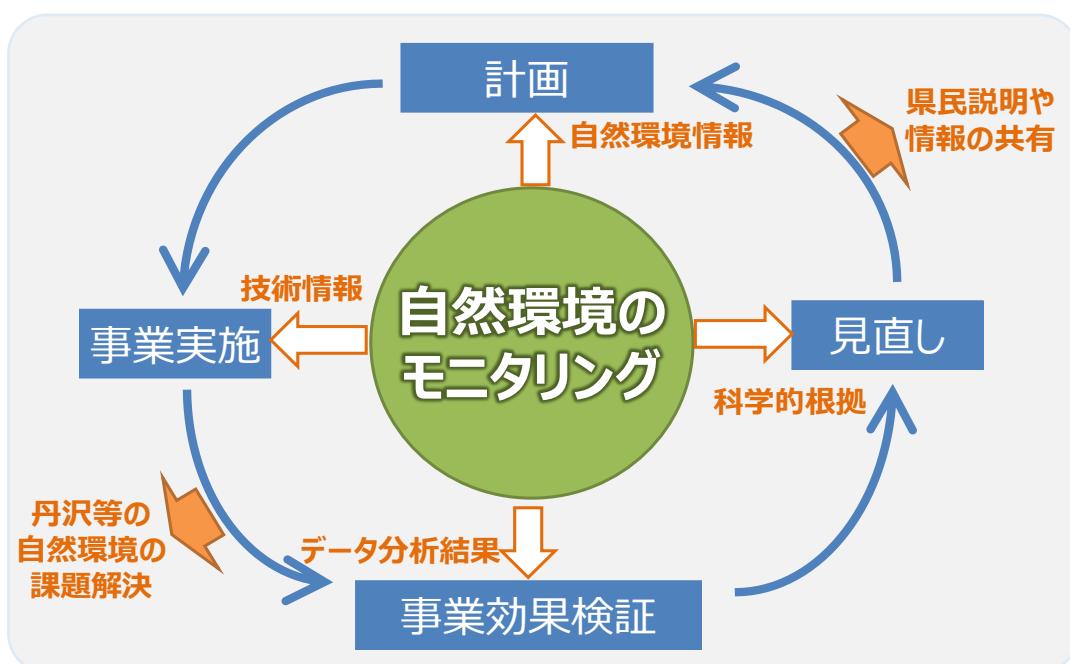
丹沢山地の抱える自然環境問題



自然再生の目標

特に水源環境の保全・再生^{※2}の観点では、人工林の間伐、植生保護柵等の土壌保全対策、シカの管理などの事業を進め、一部で植生の回復が見られるなど効果が現れてきています。しかし、自然再生には時間がかかるため、事業効果を検証しながら長期的に取り組む必要があります。

この企画展では、順応的管理^{※3}による自然再生事業の推進に欠かせないモニタリングに着目し、現時点のモニタリング結果から見えてきた丹沢等の水源地域の再生の現状を紹介します。



順応的管理におけるモニタリングの役割

※1 県では2007年に「第1期丹沢大山自然再生計画」を策定、その後、5年ごとの見直し(計画改訂)を経て、現在は「第3期丹沢大山自然再生計画」に基づき、自然再生事業を推進しています。

<http://www.pref.kanagawa.jp/docs/f4y/03shinrin/e-tanzawa/keikaku-torikumi.html>



※2 モニタリングも含む自然再生事業の一部は、水源環境保全・再生実行5か年計画(第1~4期)にも位置づけられ、県の水源環境保全税を活用して推進しています。

<http://www.pref.kanagawa.jp/docs/pb5/cnt/f7006/index.html>



※3 順応的管理とは、事業と並行してモニタリングによる効果検証を行い、柔軟に事業の見直しをしながら進める手法です。

1 水源環境の観点から目指す事業効果

森林整備等の事業を実施することにより、下層植生が回復あるいは落葉の堆積が増加し、その波及効果として水源かん養機能の維持・向上及び生態系の健全化につながることを目指しています。



2 森林における下層植生回復・土壌保全の重要性

裸地化すると大雨のたびに土壌が流出し、水源としては好ましくありません。下層植生や落葉により地面が覆われていると、土壌は保全され、大雨でも雨水の大部分が地中に浸透します。(図 1、2)

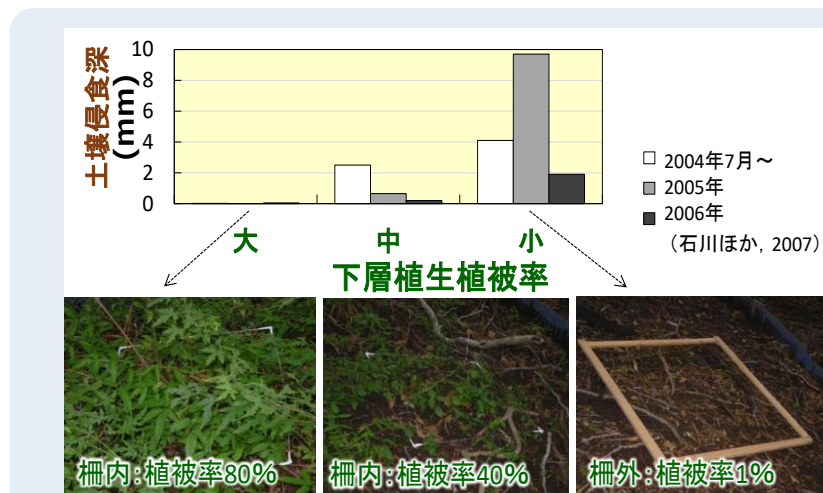


図 1 下層植生植被率と土壌侵食深の関係

下層植生の乏しい箇所では年間で2~10mmの土壌流出
下層植生回復箇所では土壌流出はほとんど発生しない

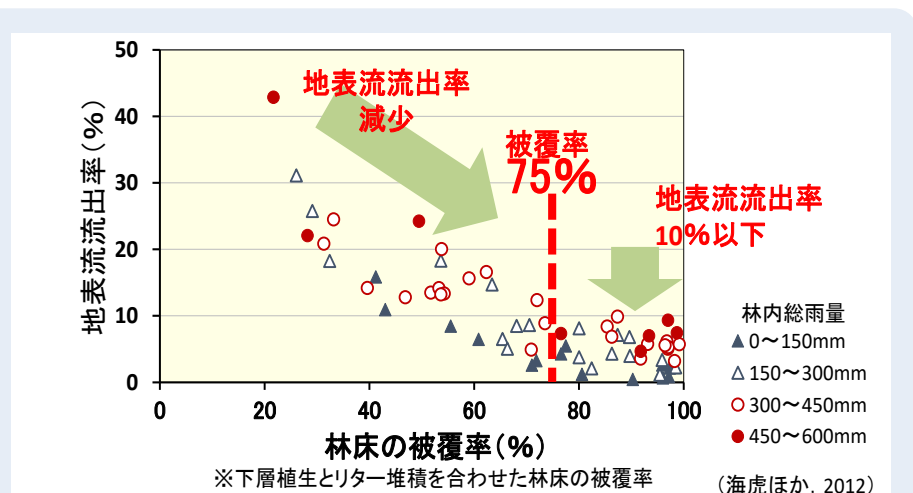


図 2 林床の被覆率と地表流流出率の関係

林床の被覆率増により地表流減少 (土壌への浸透増)
被覆率 75%以上では大雨でも雨水の90%以上が浸透

3 モニタリングの項目と定点調査地

広域的な事業展開に対応し、地区や標高帯、林相等の条件を考慮した定点調査地を多点で設け、継続的に調査を行っています（図3）。

事業モニタリング項目

- ① 森林整備による事業効果の検証
- ② 土壌保全対策による事業効果の検証
- ③ ブナ林等の再生の事業効果の検証
- ④ 中高標高域におけるシカ管理の事業効果と植生の回復状況の検証
- ⑤ 溪畔林整備による事業効果の検証

水環境モニタリング項目

- ⑥ 対照流域法等による森林の水源かん養機能調査
- ⑦ 森林生態系効果把握調査

※これらのモニタリングは水源環境保全・再生施策にも位置付けられています

各モニタリングの具体内容は点検結果報告書を参照。

http://www.pref.kanagawa.jp/docs/pb5/cnt/f7006/r1_tenken_kekka.html

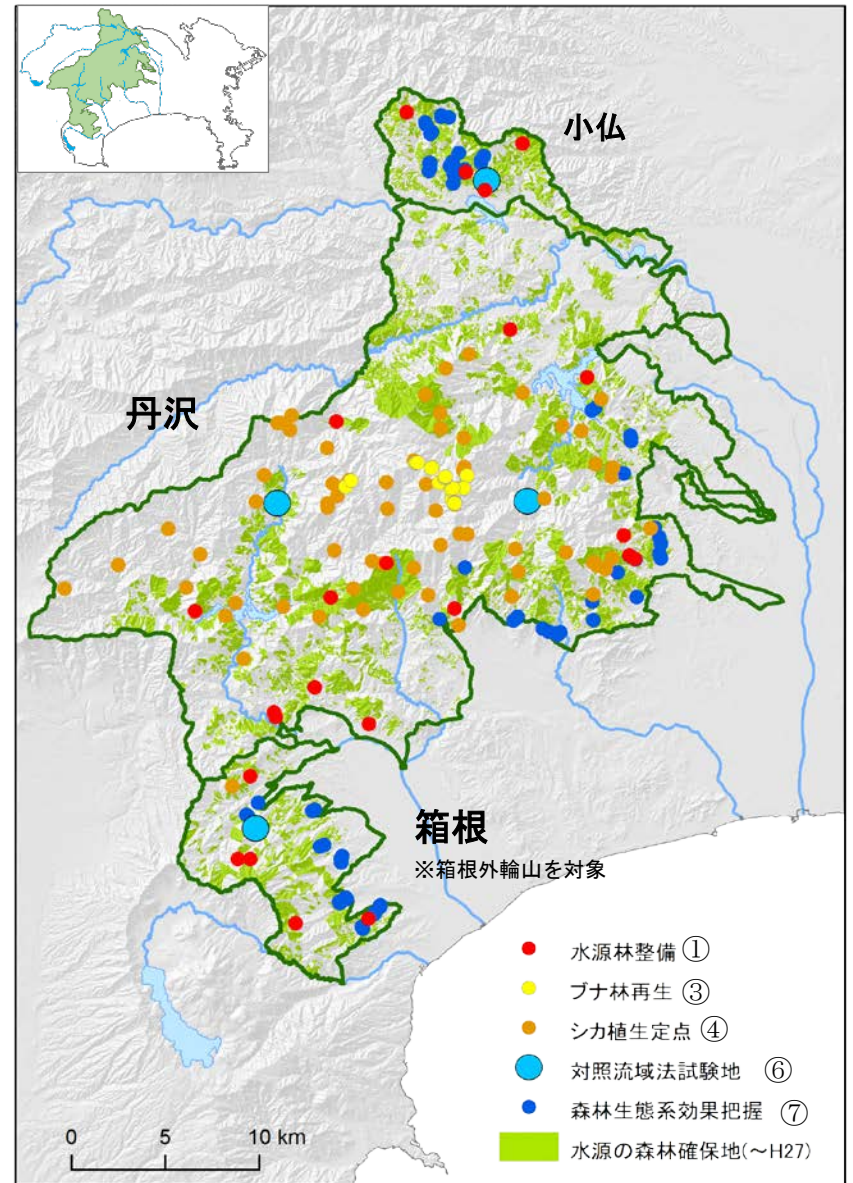


図3 主な定点調査地点

※凡例の数字は、左のモニタリング項目に対応。
②と⑤の調査地点は図に無いが事業実施地で調査。



斜面の定点調査地

下層植生は森林内の斜面に 10m×10m などの区画を設けて5年おきに調査し、変化を把握しています。

昆虫や土壌動物、小型哺乳類等の生き物についても、区画は様々ですが、森林内の斜面で調査をしています。

これらの調査の際は、一定期間センサーカメラを設置してシカの撮影頻度を調べ、付帯情報として把握しています。



流域の定点調査地

森林と水流出との関係を知るため、森林の水循環の仕組みを考慮して、流域(集水区域)で調査をしています。

森林内の小流域を定点調査地として設定し、流域末端に流量を測定するための施設(量水堰)を設けて、降水量・流量等を常時10分間隔で記録しています。流域内の森林や下層植生の調査結果と合わせて、森林と水の間関係を把握しています。

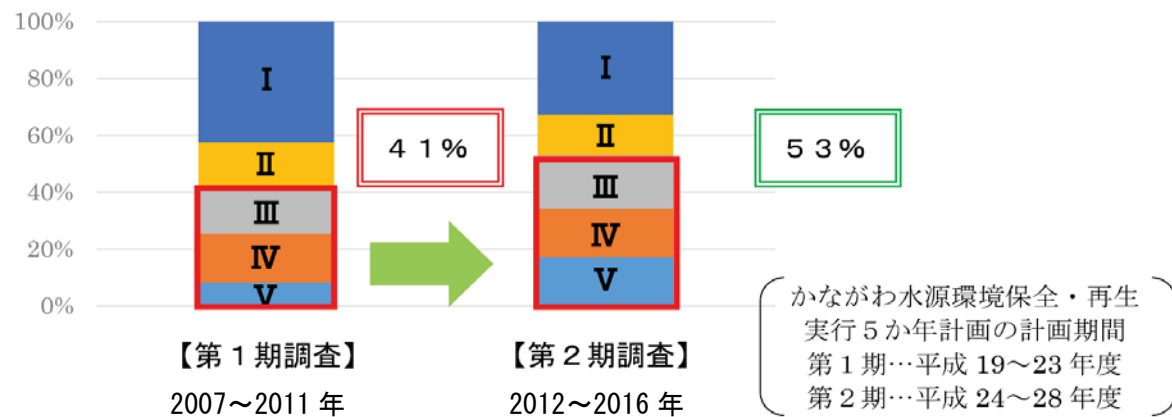
※シカの生息状況は、シカの管理事業で設定している管理ユニット単位で把握しています。



4 定点調査地における下層植生の植被率の推移

第1期から第2期の推移

第1期（2007～2011年度）及び第2期（2012～2016年度）に調査を行った斜面の定点調査地134地点の下層植生の植被率^{※1}について集計し、2時点の推移を把握しました。その結果、第1期には植被率40%以上の地点は全体の41%でしたが、第2期には53%まで増加し、一方植被率20%未満の地点は減少していました。順調に事業効果が現れていました。



※指標については、総合的な評価（中間評価）報告書を参照。
<http://www.pref.kanagawa.jp/docs/pb5/cnt/f7006/p1230000.html>

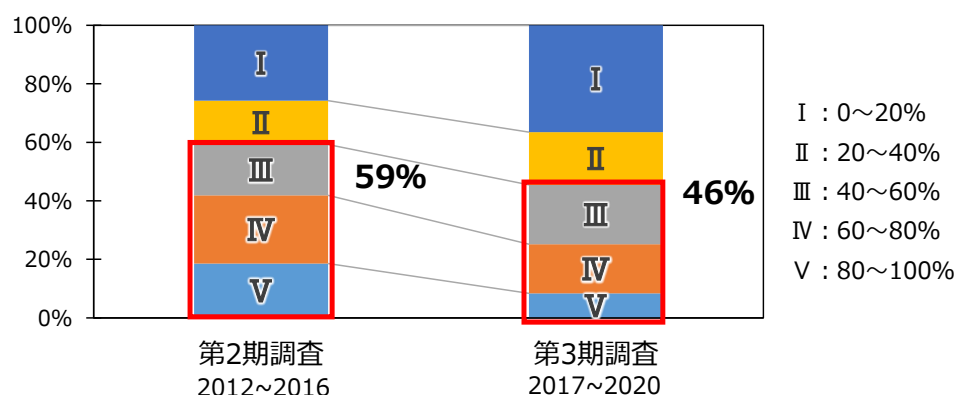


※1 下層植生の植被率とは、高さ0～1.5mの植物の投影面積率

図4 植被率が高い（40%以上）森林の割合の推移（第1期から第2期）

第2期から第3期の推移

第2期及び第3期（2017～2020年度）に調査を行った斜面の定点調査地167地点^{※2}について下層植生の植被率を集計し、2時点の推移を把握しました。その結果、第2期には植被率40%以上の地点は全体の59%だったものが、第3期には46%まで減少していました。



※2 第3期5か年計画期間は、2017～2021年度ですが、2020年度までに調査した167地点を対象に、第3期の結果として暫定的にとりまとめています。
（第2期から調査を開始した定点調査地点があるため、第1期よりも地点数が増えています。）

図5 植被率が高い（40%以上）森林の割合の推移（第2期から第3期）

地区ごとに下層植生の植被率の変化の傾向をみると、丹沢の高標高では植被率は増加しておりブナ林等におけるシカの捕獲の効果と考えられます。一方箱根では大部分の地点で植被率が減少しており、シカの影響が強まっているためと考えられます。小仏と丹沢の中標高でも植被率の減少している地点が比較的多くなっていますが要因は様々です。

これらの動向や要因を分析し、効果的な事業展開につなげていく必要があります。

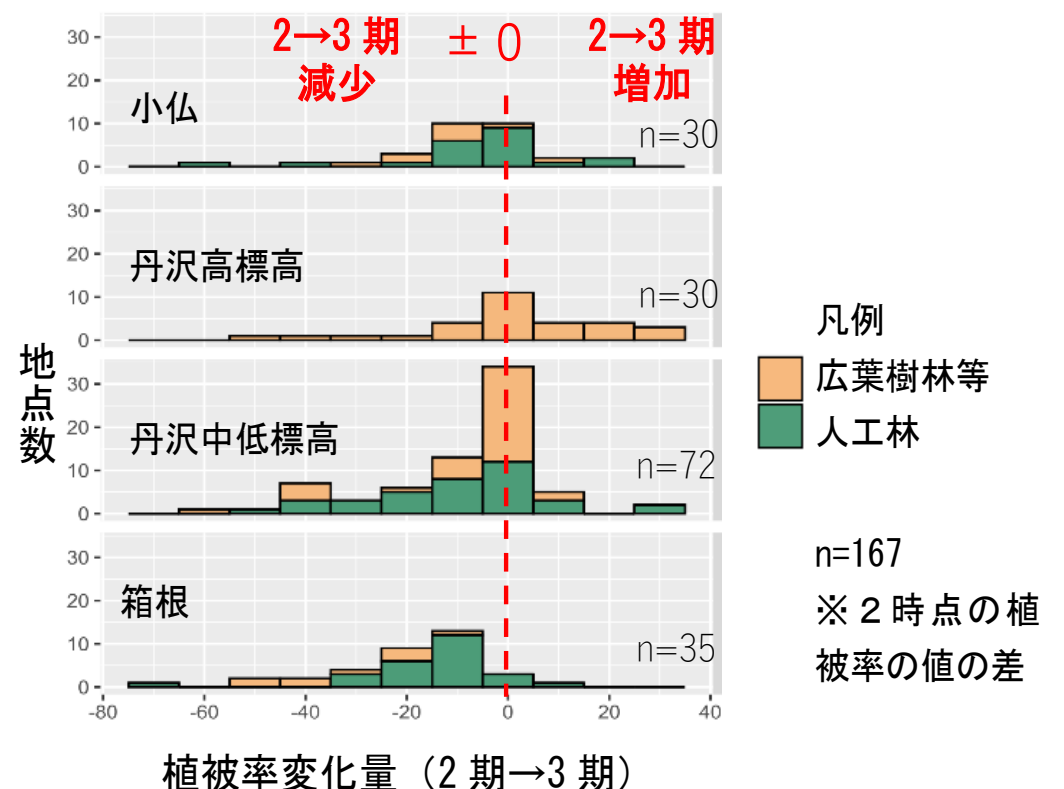


図6 第2期から第3期の植被率の変化量の分布

植被率低下地点の事例

第2期から第3期にかけての下層植生植被率の減少については、データによる詳細な分析を行う必要がありますが、調査時の現地状況から、主に次の3つの事例が見られます。

全体として事例2が多い印象であり、低木層も評価に含めれば、第2期より第3期のほうが、森林再生の進捗が確認できる可能性もあります。

事例1：整備による一時的な影響 →写真2

→時間経過に伴って植被率増加が見込まれます

事例2：森林の階層構造発達に伴うもの →写真3

→高さ1.5m以上の低木が増加したため、1.5m以下が減少

事例3：シカによる採食影響が比較的大きいもの

→近年急速にシカの定着が進んでいる箱根で多くみられます



写真1 下層植生の繁茂している人工林



写真2 間伐木や枝葉を伏せた状態



写真3 低木層が発達しつつある状態



写真4 植被率の低いヒノキ林

植被率が低く増減も少ない地点の事例

第2期から第3期にかけて、植被率20%未満にとどまっている地点も少なくありません。

各定点調査地点の状況から、主に次の2つの事例があげられます。

事例1：ヒノキ林で（元）過密林分 →写真4

→引き続き間伐を行うと下層植生は増加する見込みです

事例2：裸地化した広葉樹林 →写真5

→シカ捕獲・植生保護柵・土壌保全工等の対策が必要です。

※対照流域法等による水源かん養機能調査では、試験流域内に上記2事例と同様の状態の箇所があり、植生の動向や水源かん養機能発揮との関係を現在調査中です。



写真5 植被率の低い広葉樹林

このようなモニタリングで得られた情報を今後の事業実施にも反映させ、順応的管理により事業を推進していきます。

①丹沢における林分スケールのモニタリング結果

＜高標高域の自然林における土壌保全対策の効果＞

① シカ影響に対する植生保護柵の効果

植生保護柵の設置後は概ね5年で下層植生回復効果が認められ、その後も継続し、特に木本類の割合が増加した。一方で、柵の破損等により効果は失われました。

② ガリー侵食の進行に対する金網筋工の効果

未施工箇所では侵食が5cm程度進む一方で、施工箇所では施工後5年で40～50cmの落葉等の堆積があり金網筋工による明らかな土壌保全効果が確認されました（たとえば写真6）。

③ 踏圧等の影響に対する構造階段・木道の下層植生回復効果

施工時の攪乱により一時的に植生量は減少するものの、3～4年程度で植生量は施工前の約2倍に増加し、5年以上が経過すると約4倍に増加しました。また設置後5年が経過すると、木本類の増加も確認できました。

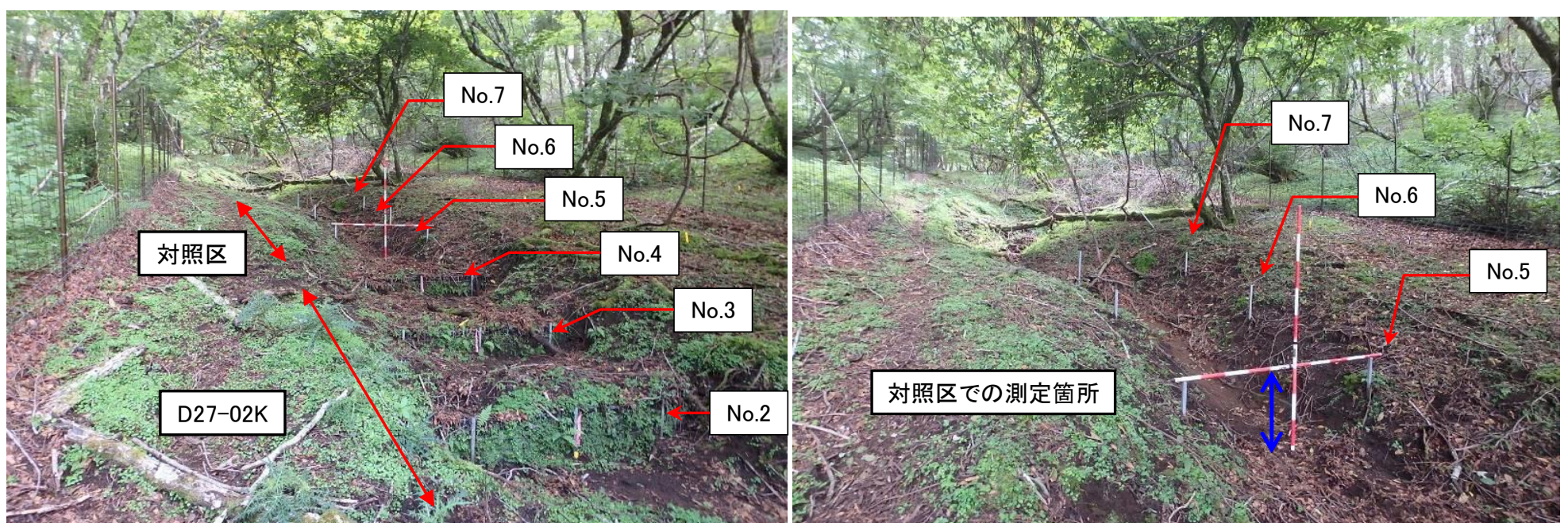


写真6 石棚山地区の金網筋工の施工箇所の状況

＜人工林の間伐と植生保護柵の組合せの効果＞

溪畔林整備地の溪流沿いに連続した斜面において、各種の整備区と非整備区を設け、整備後6～11年経過後に下層植生回復効果を検証しました。その結果、間伐のみ、柵のみでも効果は認められましたが、間伐と柵を組み合わせると効果がより高まる傾向がみられました。特に群状間伐+柵の場合が最も効果が高く、植被率は密生状態を示すとともに樹木が約半数を占め顕著な樹高成長も認められました（表1）。

表1 間伐と植生保護柵の組合せの効果

整備内容	下層植生 植被率(%)	下層植生の相対優先度(%)	
		不嗜好性	樹木
整備なし	6	51	20
間伐のみ	18	48	28
柵のみ	49	28	21
間伐+柵	53	18	42
群状間伐+柵	87	13	49

※植被率は草本層のみ対象。（低木は整備前生育個体あるため）

※相対優先度の不嗜好性種は草本・樹木の両方を対象。

※相対優先度の樹木は不嗜好性種を除いた値。



写真7 間伐と柵の併用（山北町中川 白石沢）

<間伐による下層植生の回復が動物相に与える影響>

人工林の間伐による下層植生の回復状況と動物相との関係を調べたところ、昆虫に関しては下層植生の植物種数が多く、植被率の高い林分でハムシ、ゾウムシ類の種数と個体数が多く、鳥類では下層植生が繁茂したスギ、ヒノキ林では藪性鳥類の種数が多いことが示唆されました。

小型哺乳類に関しては、野ネズミの生息状況を調べたところ、下層植生が多い地点ほど捕獲頻度が高く、間伐による下層植生回復が小哺乳類の生息にもプラスに影響することが示唆されました（図7）。

林床植生状況

	サイトA	サイトB	サイトC
*1)種数	28種	48種	68種
*2)植被率	20%	57%	91%

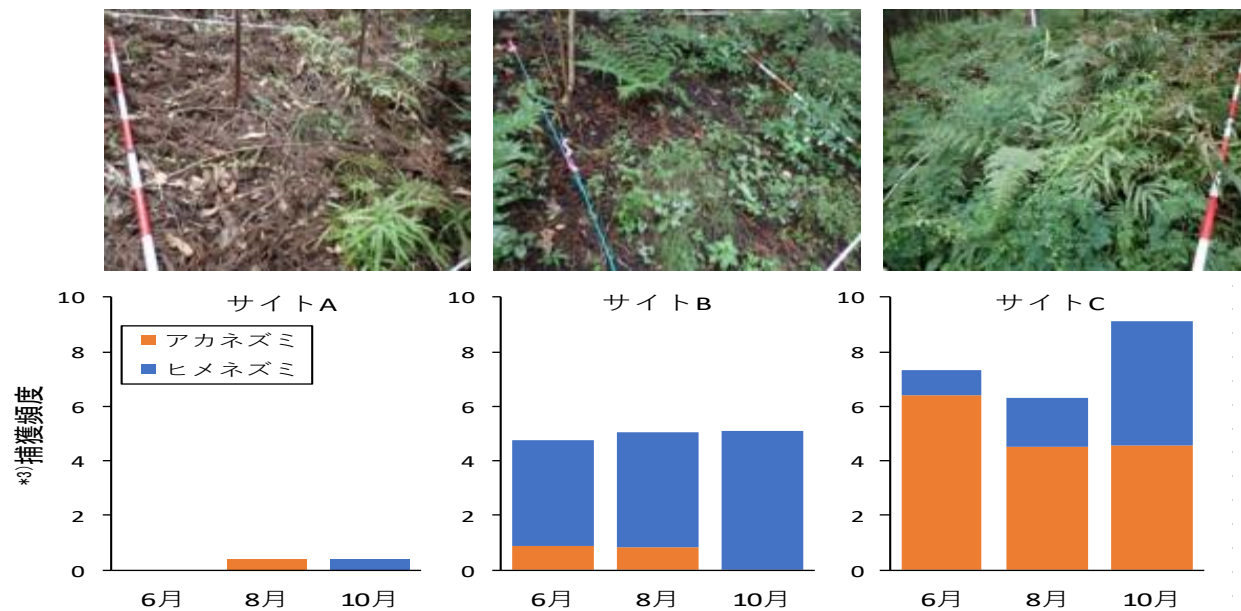


図7 下層植生状態が異なる人工林の整備地における野ネズミの捕獲頻度

- *1 種数：2×2m のコドラート 10 個で出現した植物種数
- *2 植被率：10 個のコドラートの植被率の平均値
- *3 捕獲頻度：100 トラップ・ナイトあたりの野ネズミ捕獲個体数

<定点調査地点の下層植生の变化>

丹沢全体でみると、植被率の顕著な増加がみられていない場所が多くあります。シカが低密度化した場所の一部では植被率の増加がみられますが、林内では植被率の増加は一進一退の状況であり、特に生息環境管理エリア（中標高域）では植被率増加は低調です（図8、9）。また、植被率の増加がみられる場所も大部分は不嗜好性植物であり稚樹の成長も低調です。

定点調査地点の第2期から第3期の植被率の変化に着目すると、人工林は施策開始前からの事業地で植被率の減少が比較的大きく第3期は低植被率となっています（図9）。個々の調査地点の状況は精査中ですが、地点ごとに要因が異なる可能性があります、丁寧に検証する必要があります。

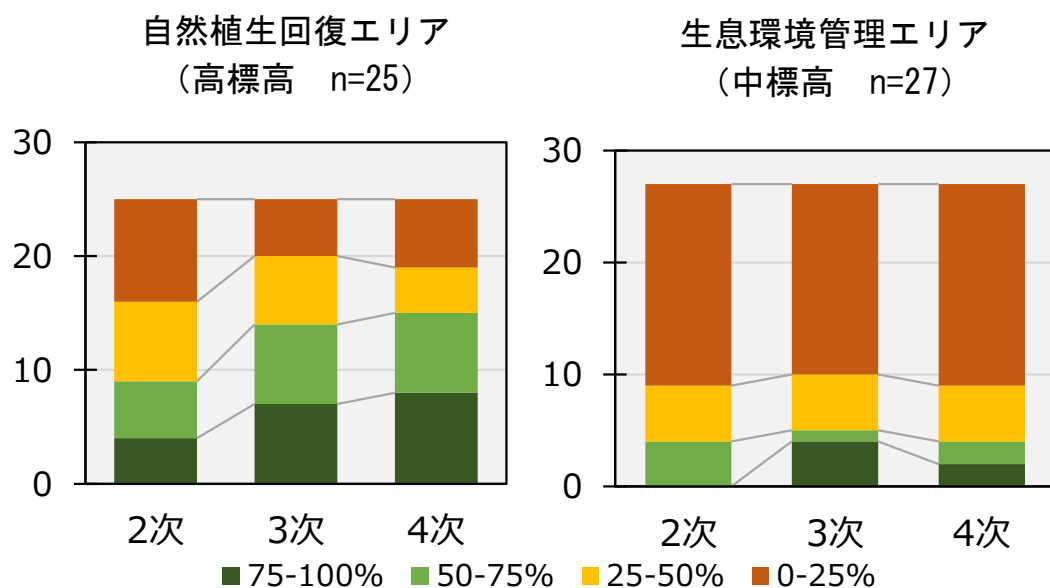


図8 自然林定点調査地点の植被率の推移

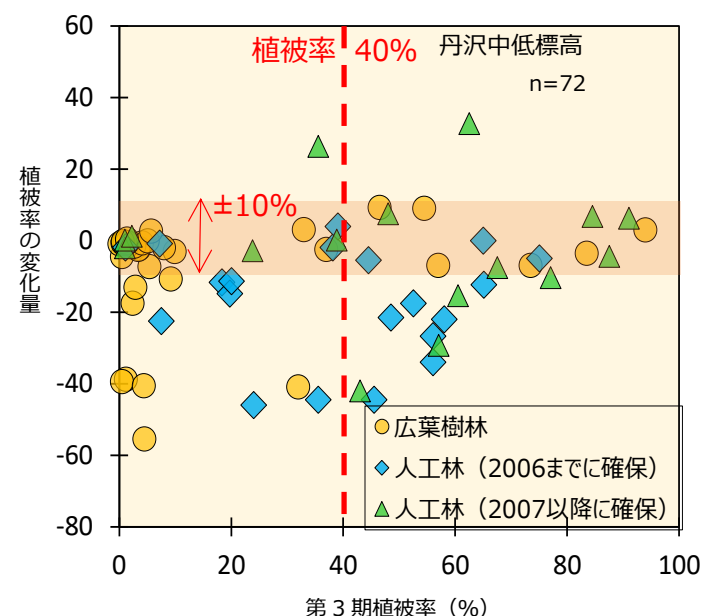


図9 丹沢中低標高の定点調査地点における第3期植被率と2→3期植被率の変化量

＜シカ生息状況の推移＞

継続的に管理捕獲を実施している場所では、密度は低下傾向にあります。5頭/km²未滿まで低密度化した場所は少ない状況です。(図10, 11)。

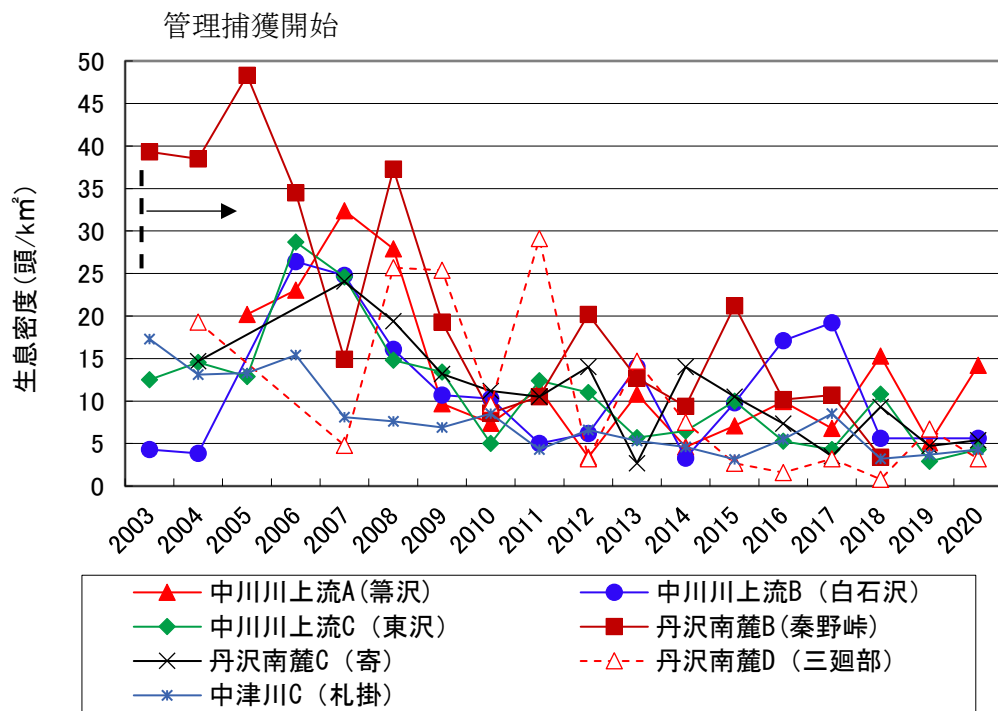


図10 シカ1次計画から継続捕獲している場所のシカ生息密度

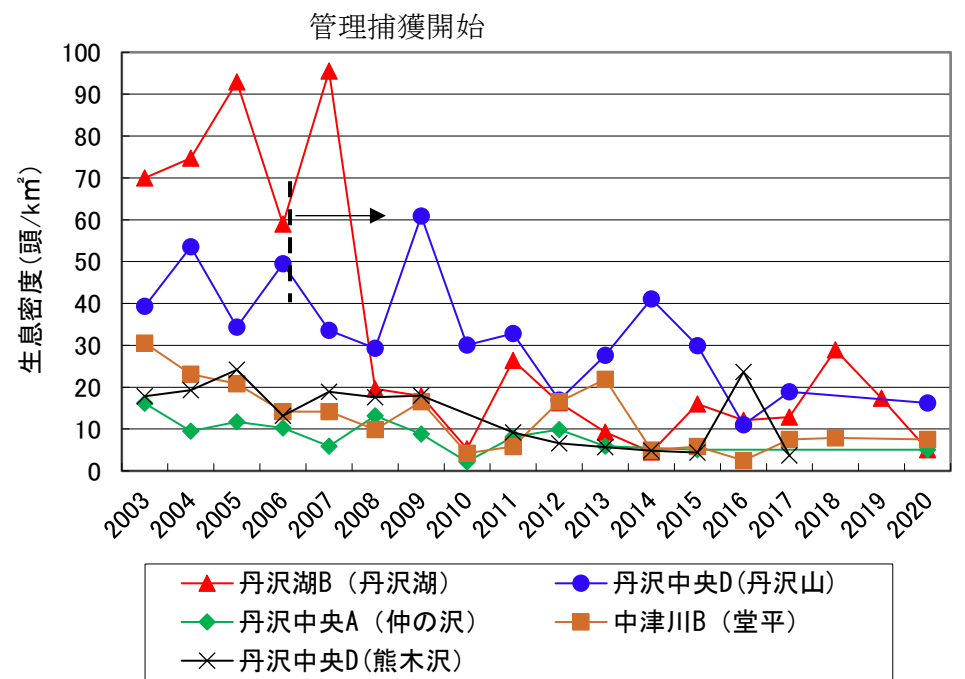


図11 シカ2次計画から継続捕獲している場所のシカ生息密度

丹沢全体で見た場合、依然として高密度地は多いものの、第1次ニホンジカ保護管理計画時点(2003~2005年)と比較して、km²あたり20頭を超えるような極端な高密度地は減少しています(図12)。

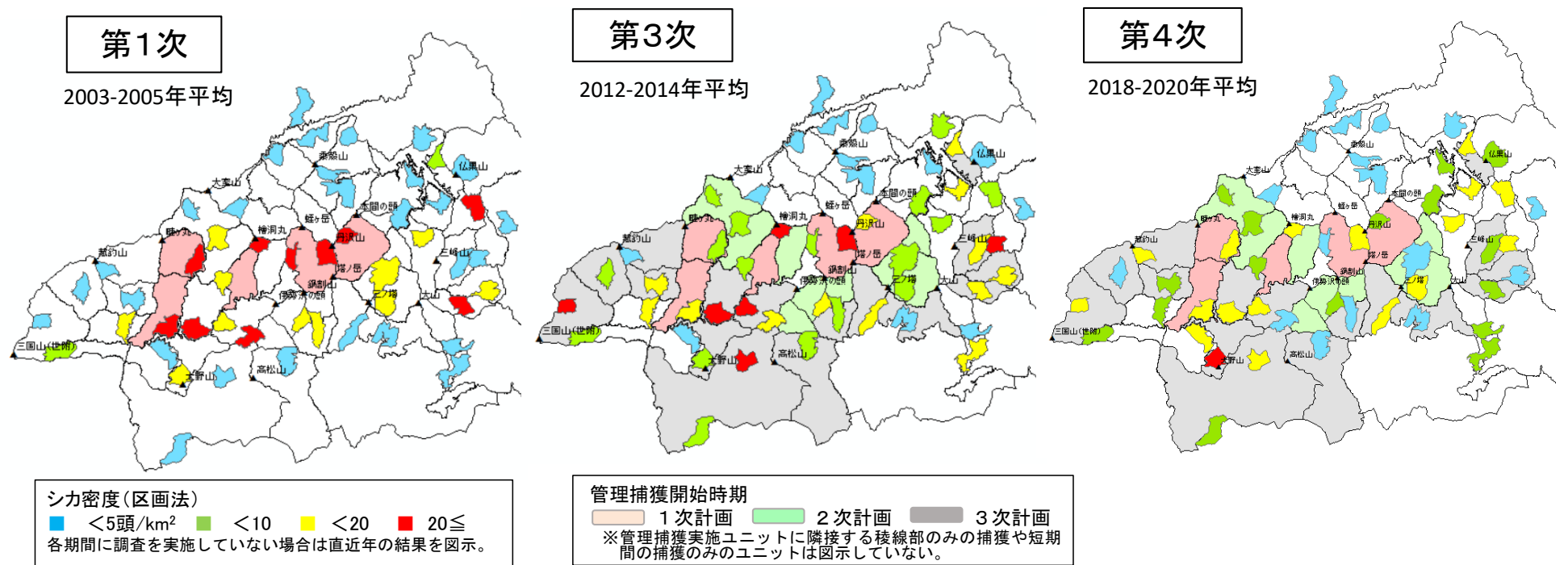
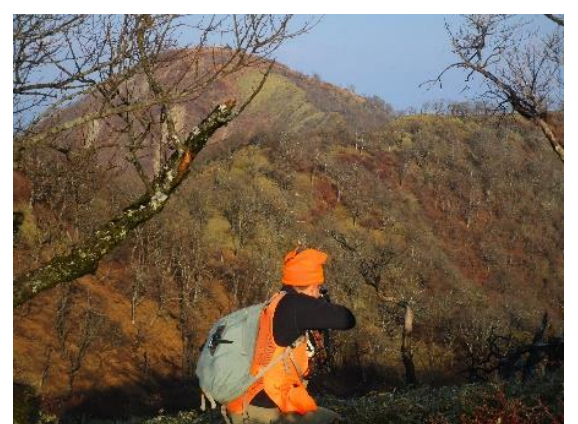
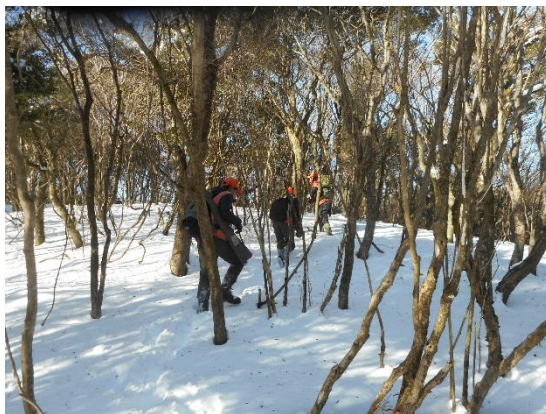


図12 保護管理区域全体の生息密度(区画法)の推移

【管理捕獲の様子】

シカの生息密度が高く、植生劣化の見られる場所で管理捕獲を実施しています。



②箱根・小仏における林分スケールのモニタリング結果概要

＜定点調査地点の下層植生の変化＞

箱根では人工林と広葉樹林ともに2期から3期にかけて植被率が減少した地点が多く、大幅な減少地点もみられます。第3期からシカ捕獲を開始したものの、シカの生息は増加傾向が続いていることから、シカ影響による下層植生衰退が進行していると考えられます。特に累積的なシカ影響により下層植生の大部分が不嗜好性種となった丹沢と比べて、箱根ではシカの採食影響が拡大しつつある段階で下層植生にはシカの嗜好性種も多いため、当面は急速に下層植生が衰退する可能性があります。

小仏では、全体的に2期と3期の植被率の変化が少なく、植被率は低めです。特に人工林で植被率の低い地点が多いため、立地環境や整備との関係など丁寧にみていく必要があります。

なお、箱根と小仏の生態系効果把握調査の調査では、間伐後の時間経過にもなって植被率が緩やかに増加し、2回目の間伐が行われた地点でも継続して増加する傾向であり、間伐後の経過年数に着目すると整備の効果はみられています。

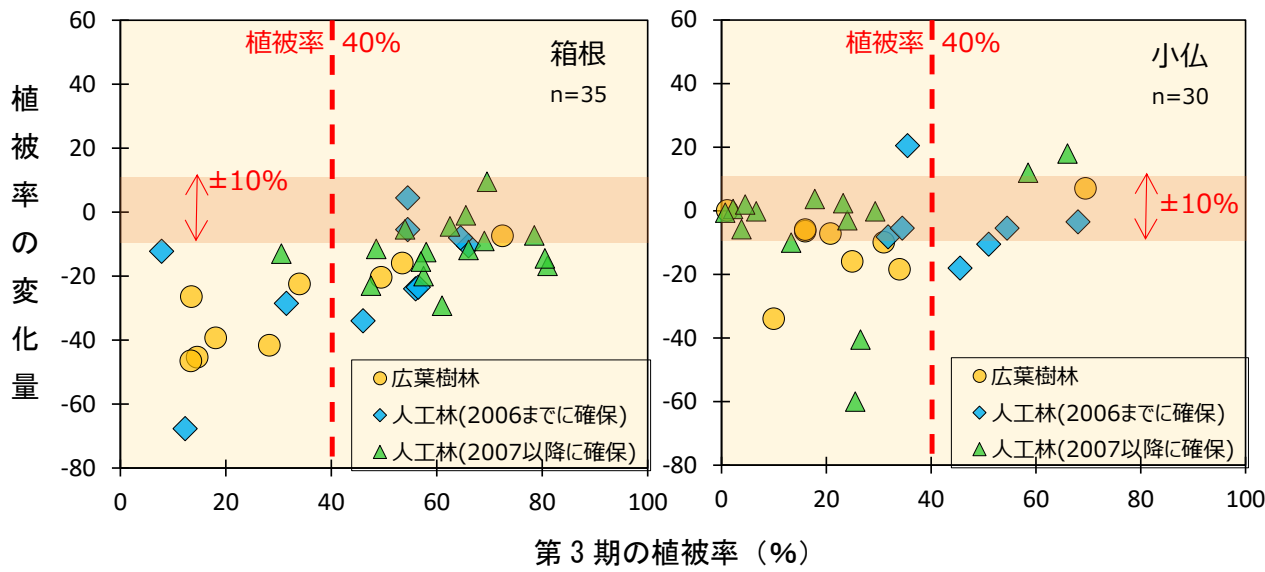


図13 定点調査地点における第3期植被率と2→3期植被率の変化量

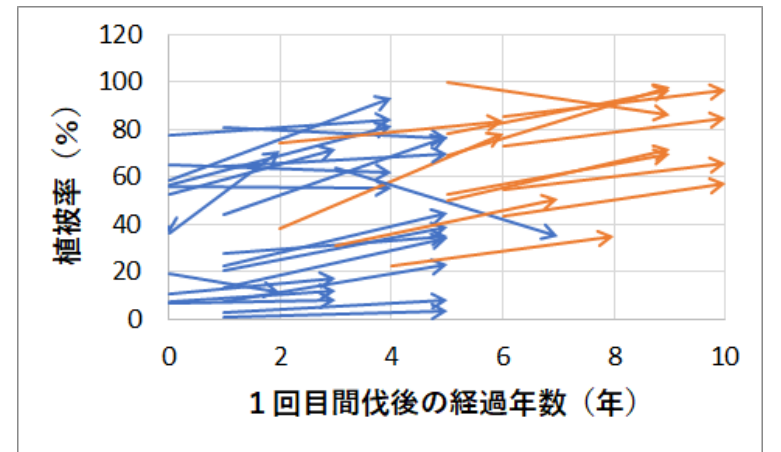


図14 間伐後の経過年数と植被率の関係 (箱根・小仏)

※矢印は1巡目調査時→2巡目調査時の推移
 青色は2巡目までに1回間伐
 オレンジ色は2回間伐(1巡目前に1回、2巡目までにもう1回)が行われた地点。



調査地点の
 景観は、
 ほとんど
 変化なし



調査地点の
 下層植生は、
 2020年の
 ほうが少
 ない



写真8 南足柄市矢倉沢の定点調査地点の景観と下層植生状況の推移 (2013年→2018年)

<シカの生息状況の推移>

シカの糞塊法による調査結果から、第3期計画期間中は、丹沢でシカ個体数の緩やかな減少傾向が確認されているのに対して、箱根や小仏では増加傾向がみられます（図15）。

森林生態系効果把握調査の各調査地点で2時期にセンサーカメラを用いて中大型哺乳類のモニタリングを実施したところ、丹沢ではシカの撮影頻度が全体の半数を占めるものの1巡目と2巡目で大きな増減は見られませんでした。対して、小仏と箱根では、2巡目のほうが夏と冬ともシカの撮影頻度が増加しており、特に箱根外輪山の夏の増加が目立っていました。箱根ではよりシカの定着が進み、小仏ではシカの定着が進みつつある段階と考えられます（図16）。

なお、センサーカメラによる手法は、カメラ台数や周辺の局所的な環境変化にも影響を受けるため、他のモニタリング結果も踏まえて総合的に判断する必要があります。

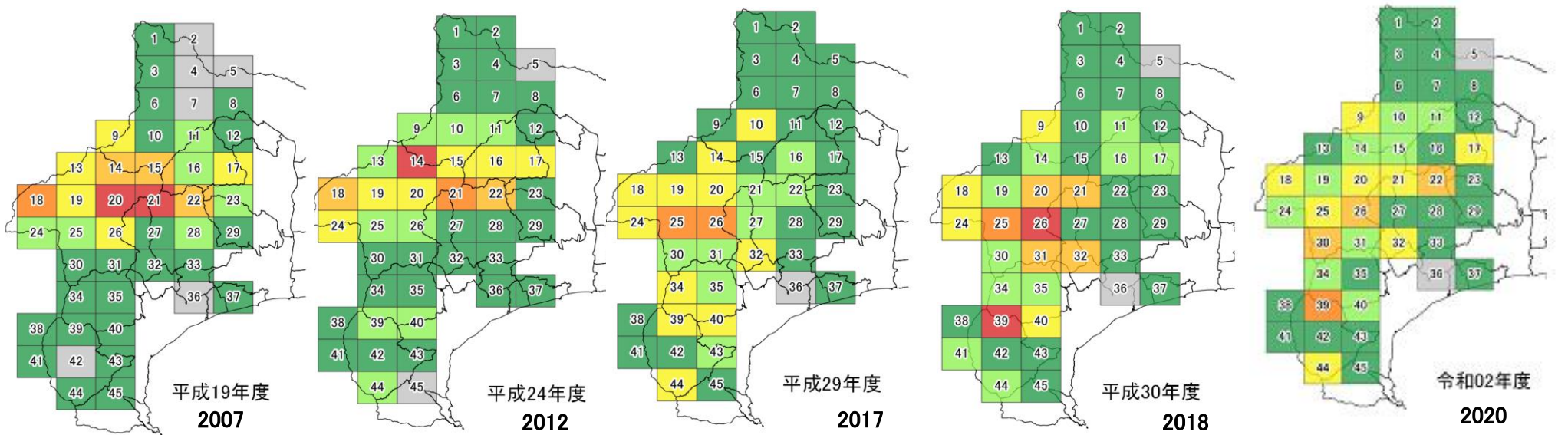
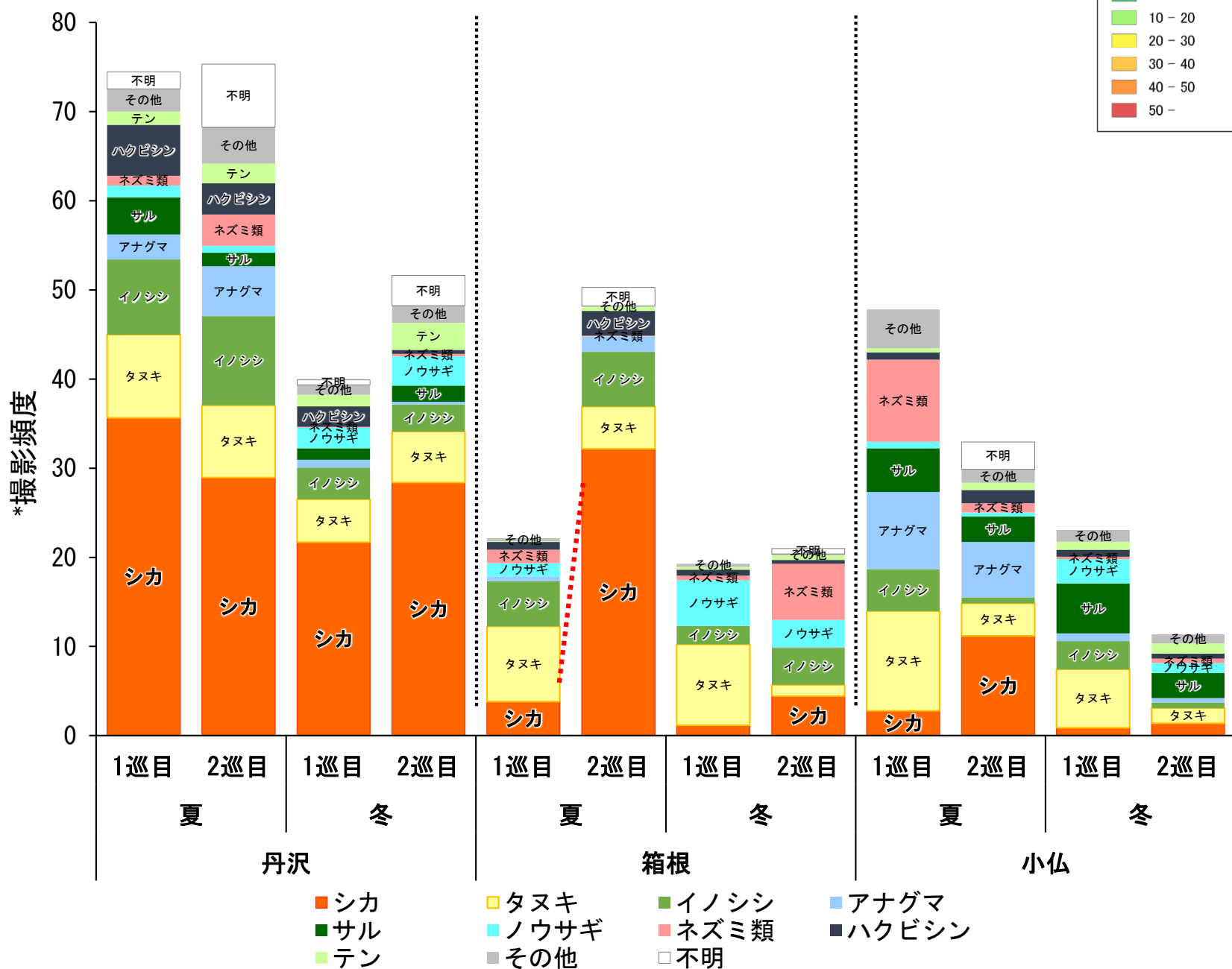
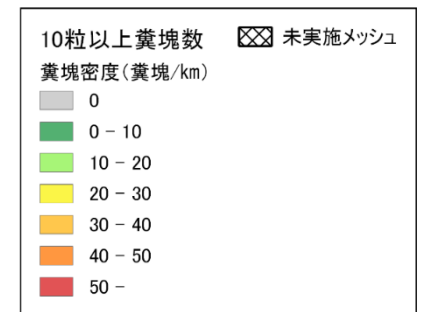


図15 シカ糞塊密度の変化



その他：リス、ネコ、キツネ、アライグマ、イヌ、ツキノワグマ、カモシカ、コウモリ類、イタチ、ムササビ

図16 中大型哺乳類の撮影頻度

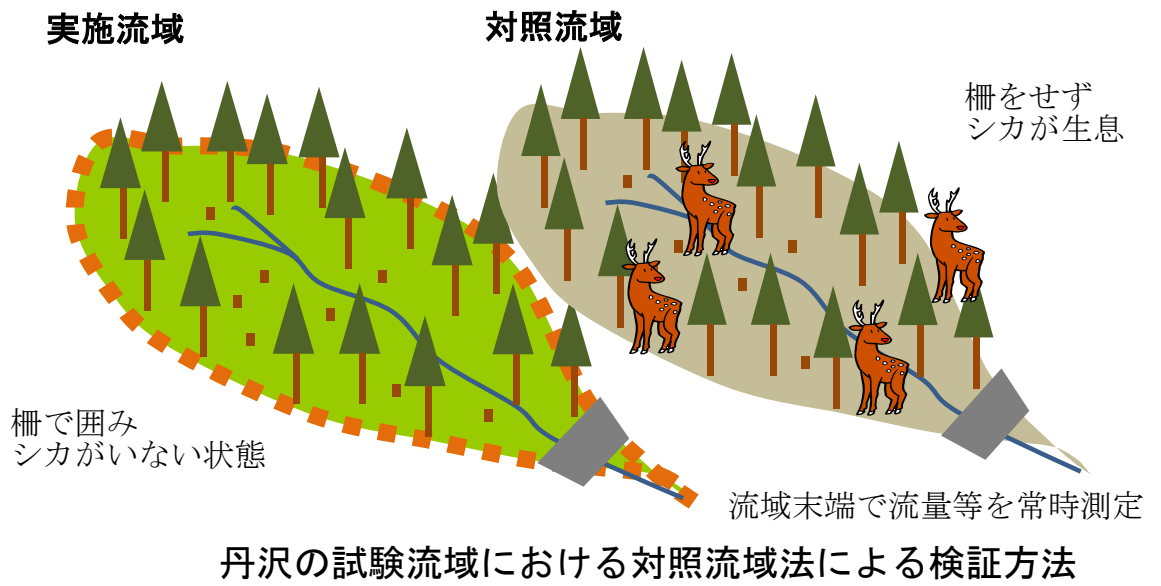
2013～2016年度（1巡目）と2017～2020（2巡目）に、各地点に2台ずつセンサーカメラを設置した。撮影頻度は100カメラ・稼働日あたりの撮影個体数

③小流域スケールのモニタリング結果概要

<植生保護柵を設置した流域の下層植生回復>

シカの影響により下層植生が衰退した西丹沢ヌタノ沢に試験流域を設けて、小流域スケールでシカ対策の効果を検証しました。

当初は実施流域と対照流域ともに下層植生は乏しく、2014年に実施流域を植生保護柵で囲んだところ谷筋を中心に下層植生が顕著に回復しつつあります(図17、18)。



林床被覆度ランクの凡例

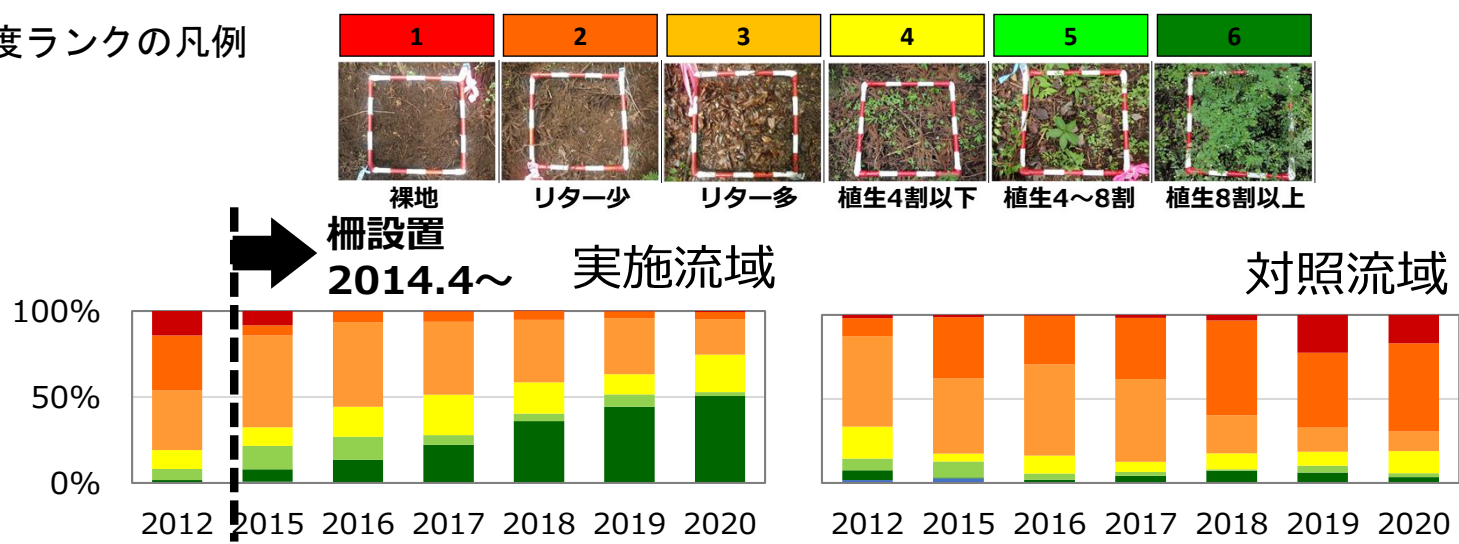


図17 夏季の林床被覆度ランクごとの流域内分布割合の推移

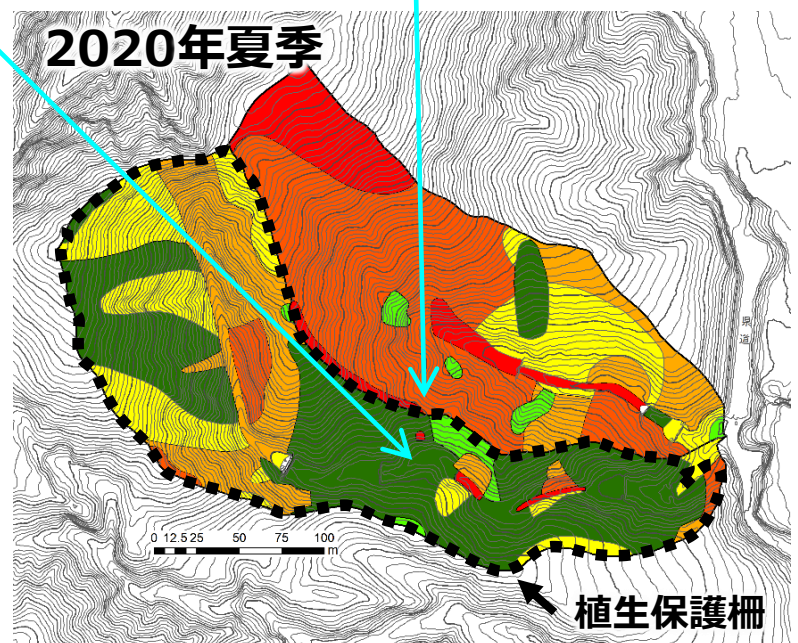
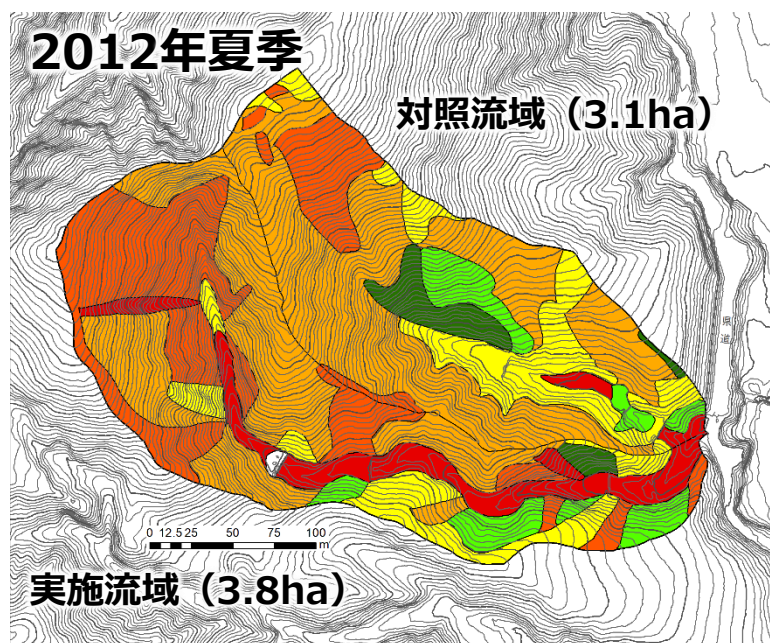
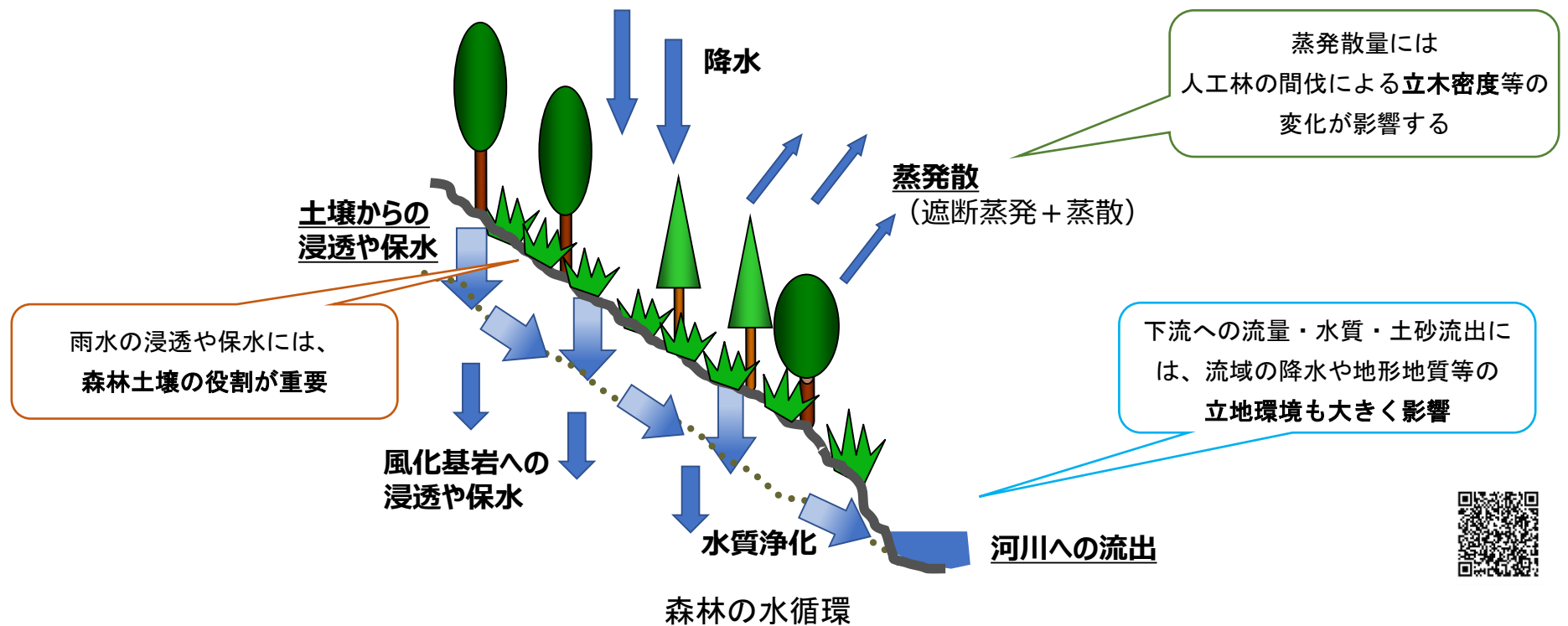


図18 夏季の林床被覆度ランク区分による流域内分布 ※図18と凡例共通

<下層植生回復による水の濁りの減少>

森林に降った雨は、一部は蒸発し、多くはいったん地中にしみ込んで地下水となり、時間をかけて下流の河川に流出します。水源かん養機能は、このような森林の水循環のしくみにより発揮されます。



流域内の大部分が裸地であったものが、実施流域を柵で囲むことにより下層植生の回復がみられることから、大雨の際に森林から流出する土壌も少なくなることが予想されます。そこで、流域末端で流量のほか濁度センサによる浮遊土砂量を測定しています。

降水量 200 mm以上の月を対象に、月単位の浮遊土砂量を柵設置前・後で比較しました。降水量、最大日降水量、流量は柵設置前後で同程度かやや設置後のほうが大きく、浮遊土砂量比率（実施流域/対照流域）は柵設置前が平均 3.7 倍と、もともと実施流域のほうが対照流域よりも 3 倍以上の流出量でしたが、柵設置後の浮遊土砂量比率は 2.5 倍となり、設置後のほうがやや小さくなりました。（図 20）。

今後も引き続き動向をモニタリングするとともに、研究事例の少ない流域における浮遊土砂量の計測・評価に関して、科学的知見を蓄積していきます。

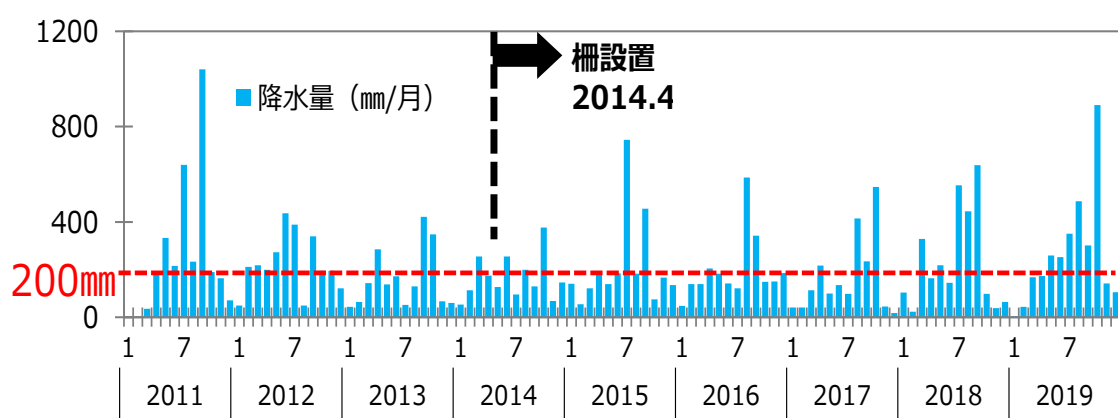


図 19 月単位の降水量の推移



写真9 インターバルカメラで撮影した量水堰の状況
上/洪水前（濁っていない）
下/洪水時（濁っている）

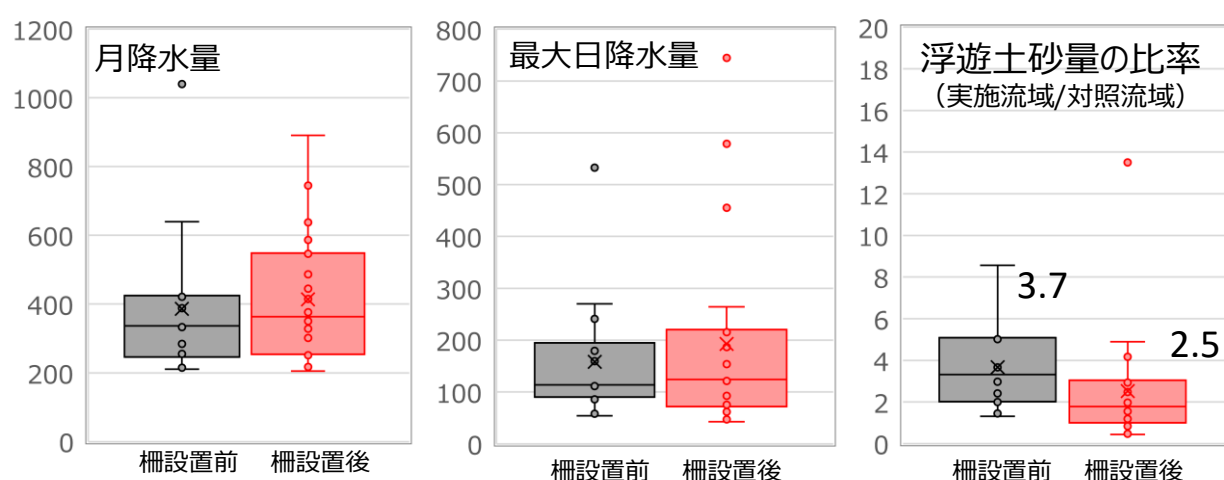


図 20 月単位の降水量、最大日降水量、浮遊土砂量比率の柵設置前後の比較