

神奈川県

自然環境保全センター研究企画部研究連携課

平成28年度神奈川県自然環境保全センター研究企画部研究連携課

# 業 務 報 告

No. 49

平成 29 年 11 月

# 目次

## 1 企画調整業務

企画調整業務の概要	1
-----------	---

## 2 研究業務

2-1 平成28年度試験研究体系図	2
-------------------	---

2-2 研究業務の概要	3
-------------	---

### 2-3 個別研究の年次実績

#### (1) 丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発

##### A. 大気およびブナハバチのモニタリングとブナ林衰退への影響機構解明

Aa. ブナ林の大気環境解析1	14
-----------------	----

Ab. ブナ林の大気環境解析2	17
-----------------	----

Ac. ブナ林の水分生理調査	20
----------------	----

Ad. ブナ林の生理生態調査1	22
-----------------	----

Ae. ブナ林の生理生態調査2	26
-----------------	----

Af. ブナ林立地環境モニタリングー土壤侵食モニタリングー	30
-------------------------------	----

Ag. ブナハバチ成虫モニタリング	35
-------------------	----

Ah. ブナハバチ繭モニタリング	37
------------------	----

##### B. ブナ林生態系の再生技術の改良

Ba. 大規模ギャップ森林再生試験	39
-------------------	----

Bb. ブナハバチ等の葉食昆虫防除試験	41
---------------------	----

Bc. 丹沢山地森林変遷解析	45
----------------	----

#### (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発

##### (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発

###### A. 水源林の施業技術の改良

Aa. 水源林整備地モニタリング	47
------------------	----

###### B. 対照流域法による総合モニタリングー総括ー

Ba. 観測施設保守・改良	54
---------------	----

Bb. 大洞沢モニタリング調査	58
-----------------	----

Bc. 貝沢モニタリング調査	64
----------------	----

Bd. ヌタノ沢モニタリング調査	70
------------------	----

Be. フチヂリ沢モニタリング調査	76
-------------------	----

Bf. 水循環基礎調査（1）	80
----------------	----

Bg. 水循環基礎調査（2）	84
----------------	----

Bh. 水生生物調査（統合解析）	88
------------------	----

Bi. 水生生物調査（現地モニタリング調査の試行）	92
---------------------------	----

Bj. 水生生物調査（モニタリング基礎調査）	95
------------------------	----

Bk.	水循環モデルによる解析	99
B1.	水源施策の総合評価のための情報整備	103
C.	水源林の整備が森林生態系に及ぼす効果把握ー総括ー	105
Ca.	植物（林床植生・更新木）	109
Cb.	土壌動物（ササラダニ類・ミミズ類）	111
Cc.	昆虫（林床性・地表性）	113
Cd.	鳥類	115
Ce.	総合解析	117
D.	スギ・ヒノキ花粉症対策品種開発と実用化開発	
Da.	スギ・ヒノキ花粉発生源地域推定事業	119
Db.	スギ・ヒノキ林の花粉削減研究	125
Dc.	無花粉ヒノキの実用化研究	128
(2-2)	野生動物と共存できる森林管理技術の開発	
A.	シカ森林管理一体的推進手法の開発	132
B.	シカ生息環境モニタリング	134
<b>3</b>	<b>関連業務</b>	
3-1	林木育種事業	137
3-2	水源林広葉樹苗木育成事業	139
3-3	林業技術現地適応化事業	139
3-4	抵抗性クロマツのマツノザイセイインチュウ接種検定	139
3-5	試験林整備事業	140
3-6	森林病虫害発生動向調査	140
<b>4</b>	<b>諸活動</b>	
4-1	依頼調査と指導	141
4-2	講師派遣	143
4-3	委員会・研究会	145
4-4	発表・報告	146
<b>5</b>	<b>予算内訳</b>	
	主な研究・事業費の予算内訳	150
<b>6</b>	<b>共同研究・連携機関</b>	
	主な共同研究・連携機関一覧	151

# 1 企画調整業務

平成 28 年度における要研究問題の把握、研究課題の設定調整など研究連携課に関する企画関連業務は次のとおりである。

## 企画調整業務の概要

### (1) 平成 29 年度試験研究課題の調整

平成 29 年度試験研究課題として関係各機関から提起された要試験研究問題の総数は延べ 4 件、提案機関数は 3 機関であった。それぞれの要研究問題について、自然環境保全センター研究推進協議会にて調整したところ、要研究問題への対応については、すでに研究課題として実施ないし実施中のもの 2 件、調査指導対応のもの 2 件となった。

### (2) 農林水産技術会議の開催

研究目標の設定、評価および結果の伝達、共同研究の推進等試験研究活動の充実を図るため、学識経験者等による農林水産技術会議を開催した。

開催月日	開催場所	検討課題名	委員
平成 29 年 3 月 10 日	自然環境保全センター レクチャールーム	農林水産系試験研究推進構想（森林等自然環境の部）の策定案の検討	戸田活人 酒井武 服部俊明

### (3) 研究推進支援研修の開催

プロジェクト研究等重点的な研究推進のため、外部有識者からの指導・助言を受けることにより研究員の研究能力向上を図る研修を実施した。

開催月日	開催場所	研修課題名	講師
平成 28 年 11 月 9 日	足柄上合同庁舎 別館会議室	諸戸北郎博士と近代砂防技術、丹沢の震災復旧工事とのかかわり	西本晴男 阿部拓実
平成 29 年 3 月 9 日	自然環境保全センター 自然観察園ほか	源流河川の付着藻類 －大型藻類の生育と河川環境特性－	福嶋 悟

## 2 研究業務

### 2-1 平成 28 年度試験研究体系図

#### ●丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発

##### ○丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発 **重**★

- ・ブナ林衰退への影響機構解明 (H18～) ★
- ・大気およびブナハバチのモニタリング (H18～) ★
- ・ブナ林生態系の再生技術の改良 (H19～) ★

#### ●水源林など公益性の高い森林再生技術開発

##### ○効果的な水源林の整備に関する研究開発 **重**★

- ・水源林の施業技術の改良 (H19～) ★
- ・対照流域法による総合モニタリング (H19～) ★
- ・水源林の整備が森林生態系に及ぼす効果把握 (H25～)
- ・無花粉ヒノキの実用化研究 (H27～28) **政**
- ・スギ・ヒノキ花粉量の予測調査 (H21～30)

##### ○野生動物と共存できる森林管理技術開発 **重**★

- ・シカ森林管理一体的推進手法の開発 (H24～28) ★**24**
- ・水源林の整備が森林生態系に及ぼす効果把握(再掲) (H25～)
- ・シカ生息環境モニタリング (H24～) ★

#### 関連事業

林木育種事業 (S32～)

水源広葉樹苗木育成事業 (H21～30)

【注】 ●：研究開発の方向、○：研究課題、・：小課題

**重**：プロジェクト型の重点課題

**新**：新規研究課題

**政**：政策課題

★：要試験研究問題対応課題

**24**：平成 24 年度に要試験研究問題として提案されたもの（実施中課題を含む）

## 2-2 研究業務の概要

農林水産関係試験研究推進構想(森林等自然環境の部)に基づき、3つの研究テーマを柱として、主にプロジェクト研究形式により各個別研究を推進した。

○3つの研究の柱と平成28年度の研究プロジェクトの概要

### 1 丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発

丹沢大山自然再生計画の推進にかかる試験研究として、研究プロジェクト「丹沢山地におけるブナ林の衰退原因解明とその再生技術に係る研究開発」を中心に実施した。今期の第3期研究期間(H24-28)にはオゾン・気象を始めとする立地環境モニタリング、大気汚染・ブナハバチ等の複合的要因による衰退・枯死の機構解明、各種再生実証技術開発の3つの柱で個別研究を進めている。本年度は、大気・気象観測施設のメンテナンスによりモニタリングを進めるとともに、オゾン濃度の経年変化を解析した。また水ストレスの実態解明のため木部水分通道組織の観察と樹液流計測の手法検討を進めた。またブナハバチの繭と成虫モニタリングを実施した。ブナ林生態系の再生技術の改良として、竜ヶ馬場と不動ノ峰の大規模ギャップにおいてブナ林再生試験を実施した。ブナハバチの防除技術開発としては、薬剤注入試験と粘着シートによる緊急防除事業を実施した。ブナ林の衰退リスクを可視化することで対策の効果的な実施に寄与するため、衰退要因による影響評価を行い、統合的なブナ林衰退のリスクマップを作成した。本年度は第3期プロジェクトの5年目にあたり、研究成果のとりまとめとして、神奈川県自然環境保全センター報告14号において特集「丹沢山地のブナ林再生に向けて～衰退原因の解明と再生技術の開発～」を掲載し、この成果をもとに「丹沢ブナ林再生指針(素案)」を作成した。

### 2 水源林など公益性の高い森林再生技術開発

かながわ水源環境保全・再生施策の推進にかかる試験研究として、第2期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画(H24-28)に基づいて研究プロジェクトを継続実施した。

水源林の施業技術の改良として、平成14年度から実施している水源の森林づくり事業の整備地のモニタリング調査を、平成28年度は13か所24試験区において3回目のモニタリング調査を行った。

対照流域法による総合モニタリングとして、県内4か所の試験流域におけるモニタリング調査を継続し、そのうち整備が済んでいる3か所(大洞沢、貝沢、ヌタノ沢)では整備後の短期的効果検証を行った。大洞沢における植生保護柵の設置(シカの管理)による水や土砂の流出への効果はデータでは明瞭でないが、植生保護柵内の下層植生は回復途上であった。また、下層植生の豊富な貝沢で群状伐採・搬出を行った前後での下流への水や土砂の流出の変化は、整備後4年目においても明瞭でなく、溪流沿いの地表かく乱に配慮したことで一般的にみられる整備による負の影響を抑制できたと考えられた。ヌタノ沢においては、植生保護柵設置後3年目の下層植生状態や水や土砂の流出データを取得し、植生保護柵内の植生回復を確認した。さらに4か所の試験流域のモニタリング調査の結果を統合し、水源林の実態や施策効果について見解を整理していくための議論を開始した。

スギ・ヒノキ花粉症対策品種開発と実用化では、無花粉ヒノキの実用化研究、雄花の着花量の直接観察による花粉飛散量の予測などの取組みを進め、特にヒノキでは唯一の雄花量による飛散予測を行った。

### 3 野生生物と共存できる森林管理技術開発

第2期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画及び第2期丹沢大山自然再生計画(H24-28)では、保全・再生施策の推進にかかる試験研究として、研究プロジェクト「シカ森林管理一体的推進手法の開発」を事業実施部門と連携して立ち上げた。

平成28年度は、水源林の施業地におけるシカ捕獲後の植生回復を検証するために、前年度に引き続き水源林等の11か所34地点での捕獲実施地の植生や、センサーカメラによるシカの利用状況を調査した。また、水源林以外の広葉樹林の12地域で、植生保護柵の柵内外をセットとした定点モニタリングを実施した。

## (1) 丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発

### A. 大気およびブナハバチのモニタリングとブナ林衰退への影響機構解明 —総括—

丹沢大山自然再生計画の掲げるブナ林の再生を目指して総合的な技術指針を構築するために、気象・オゾンを始めとする立地環境モニタリング、大気汚染・ブナハバチ等の複合的要因による衰退・枯死の機構解明、各種再生実証技術開発の3つの柱で個別研究をすすめている。第3期プロジェクトの5年目にあたり、研究成果のとりまとめとして、神奈川県自然環境保全センター報告14号において特集「丹沢山地のブナ林再生に向けて～衰退原因の解明と再生技術の開発～」を掲載し、この成果をもとに「丹沢ブナ林再生指針（素案）」を作成した。

#### Aa. ブナ林の大気環境解析 1（平成 28 年度ブナ生育期におけるオゾン濃度測定結果）

大気汚染物質であるオゾン濃度は丹沢山地に生育しているブナの成育に影響を及ぼすため、この地域のオゾン濃度の計測が行われている。オゾン濃度の実態についてより広範囲に把握することを目的に、従来からの丹沢山と檜洞丸に加え、新たに小電力型の機器で計測可能となった鍋割山および菰釣山の計測結果を含めて検討した。その結果、期間中の計測時間（%）は鍋割山が 63%と低かったが、他の地点ではほぼ約 90%程度の計測結果であった。期間中の平均濃度はいずれの地点とも約 0.040ppm、最高濃度は約 0.100ppm と同様であった、また AOT40 は欠測の多かった鍋割山を除いて 9 から 15ppm・hour であった。期間中の時間変化を、従来からの檜洞丸および丹沢山と比較した結果、鍋割山および菰釣山ともほぼ同様な濃度推移を示した。しかし 7 月 14 日から 7 月 17 日と期間を拡大して比較した結果、地点毎に異なる状況も認められた。

#### Ab. ブナ林の大気環境解析 2（丹沢山地におけるオゾン濃度の経年推移）

丹沢山地でのオゾン濃度の計測は、檜洞丸（標高 1601m）、丹沢山山頂（標高 1567m）および大野山（標高約 700m）で実施されてきた。今回、2004 年から 2016 年までのブナ生育期（4 月から 9 月）のオゾン濃度のデータを整理し、有効計測時間が 75%以上であった年と地点は限られていたが、丹沢山地におけるオゾン濃度の経年的な状況について比較検討した。その結果、年平均値は、丹沢山と檜洞丸が 0.030~0.050ppm 前後の濃度で推移しているのに対して大野山ではこれより若干低い 0.025~0.030ppm の濃度で推移していた。年の最高値は、3 地点とも 0.100 から 0.150ppm の範囲であった。AOT40 は、いずれの地点とも樹木の生育に影響を及ぼす基準とされている 10ppm・hour を越えており、丹沢山と檜洞丸ではこの 2 倍程度であった。

#### Ac. ブナ林の水分生理調査（水ポテンシャル調査）

ブナ林の衰退における水ストレス影響を検討することを目的に、本年度はブナハバチの食害を模した摘葉実験を実施したブナ枝の木部構造（道管径等）を調査し、食害と水ストレス影響との関係を検討した。その結果、水分通導組織である道管は、全摘葉処理および 3/4 摘葉処理した個体では、摘葉処理をしない対照区と比較して径が細く、密度が高くなる傾向にあった。一方、水分通道域は、摘葉処理区間で差が認められなかった。冬期の冬芽のサイズは全摘葉処理および 3/4 摘葉処理した個体では摘葉処理をしない対照区と比較して小さくなった。

#### Ad. ブナ林の生理生態調査 1 (樹体水分計測のための水分計キャリブレーション)

樹体の水分状態をモニタリングするひとつの手法として土壌水分等の計測に利用されている水分計がある。今回、樹幹の体積含水率を求める目的で木材切削細粉を用いた水分計のキャリブレーションについて検討した。その結果、同時に使用した 2 台の水分計とも、体積含水率が 0.1~0.6 (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) の範囲で出力値が 50~600 (mv) の結果が得られた。体積含水率の上昇に従いほぼ直線的に水分計出力値も高くなった。この値をもとに水分計出力から体積含水率を求める回帰式を得た。

#### Ae. ブナ林の生理生態調査 2 (グラニエ法による樹液流速計測の変動要因)

ブナ衰退地の檜洞丸では樹液流計測のためのグラニエ法による出力値が著しく変動、変化するため、この要因について検討した。その結果、顕著なグラニエ出力の日最大値が変化する期間には、樹幹の水分状態および地温との関係が変動要因として示唆された。このことから、より精度の高い樹液流や蒸散を評価するためには、グラニエ出力と樹幹の水分(体積水分率)との関係についてさらに検討を行うとともに、他の計測手法の併用が必要である。

#### Af. ブナ林立地環境モニタリングー土壌侵食モニタリングー

東京農工大学との共同研究により、平成17、18年度に試験施工した土壌保全対策工についてモニタリングを継続し対策工の評価を行った。土壌保全工の施工後10または11年間の土壌侵食量総量は対照区より大幅に少なく侵食軽減効果が認められた。各対策工について土壌侵食・林床植生回復・堆積リター増加の観点から総合的に評価したところ、金網筋工、竹ネット工、植生保護柵工、捕捉ネット工などで高い評価となった。さらに、堂平地区の林床植生の回復と斜面の土壌侵食量ならびに溪流の浮遊土砂流出量の平成22年以降の経年変化の関係について解析・検討したところ、林床植生被覆率は経年的に増加傾向、斜面土壌侵食量は経年的に減少傾向、浮遊土砂流出量はワサビ沢では経年的にやや減少傾向で堂平沢では減少傾向であった。また、堂平のブナ林の樹冠通過雨量等について、これまでの補完調査を行ったところ、樹冠通過雨量のばらつきは季節変化し、樹冠の着葉・落葉の影響を受けていると考えられた。

これまでの侵食土壌のCs-137測定結果を用いて、土壌侵食量との関係を調べたところ、年間土壌侵食深が1cmを超えるような侵食のきわめて激しい箇所ではCs-137損失量から土壌侵食量が推定できる可能性が示唆された。ただし、プロットごとのCs-137量のばらつきが大きく、土壌試料の粒度分布や有機物割合とも関係は見いだせなかったことから、Cs-137の降下量分布のばらつきがもともと大きいと考えられた。

#### Ag. ブナハバチ成虫モニタリング

当年のブナハバチ食害の事前予測を目的に、丹沢山地 6 地点(三国山、菰釣山、大室山、檜洞丸、丹沢山、天王寺尾根)で黄色の衝突板トラップにより雌成虫捕獲量を調査するとともに、大規模な食害が発生し、ブナ展葉フェノロジー調査を実施している檜洞丸では展葉期の雌成虫捕獲量から当年の食害量の予測を試みた。2016年の雌成虫捕獲数は2012年以降で天王寺尾根を除き最も少なかった。檜洞丸において2010年以降の産卵期にあたる展葉期の雌成虫捕獲数を比較したところ、小~中規模の被食が発生した2010年、2012年、2014年より少なく、卵密度も同様にいずれの年よりも小さいことから小規模の被食が予測され、実際の被食程度も小規模であった。



#### Ah. ブナハバチ繭モニタリング

潜在的な被食発生リスク評価を目的に、昨年に引き続き三国山、菰釣山、大室山、檜洞丸、丹沢山において繭密度のモニタリング調査を実施した。食害の規模が小さい三国山と菰釣山では、繭密度がこれまでと同様に低密度で推移した一方、大規模な食害が発生する大室山、檜洞丸、丹沢山では繭密度が高密度で推移したが、檜洞丸と大室山では昨年より大幅に低下した。繭密度が低下しても高い水準が維持されていることから、今後とも被食発生リスクを低下させる取り組みが必要となる。

#### B. ブナ林生態系の再生技術の改良

##### Ba. 大規模ギャップ森林再生試験

ブナ等樹木が集団枯死したササ草原で森林再生の可能性を検討するために、2か所で植生保護柵の有無とササ刈取り、播種を組み合わせた処理による稚樹の生残を調査した。高木種と小高木種の稚樹の種数と個体数では処理による差異は無かった。最大樹高では2か所ともに柵内で高かったが、処理の差異は無かった。各処理区で樹高の高かった樹種は小高木種や低木種であった。以上から播種や刈取りをしなくてもシカの採食影響を排除すれば、ササ草原は低木林に推移すると考えられた。

##### Bb. ブナハバチ等の葉食昆虫防除試験

現地のブナ成木における薬剤の樹幹注入試験の連年施行を行うとともに、新たに約30本のブナにも薬剤を注入し、ブナハバチの防除事業への展開の可能性を検証した。あわせて神奈川県希少樹種であるシウリザクラ(絶滅危惧IB類)を枯死・衰弱させる葉食昆虫サクラスガについても薬剤の樹幹注入試験を実施した。その結果、ブナへの薬剤の注入による死亡率は、展葉前注入が89~100%、展葉後注入が91~100%と高く、葉食害は10%以下に抑えられた。連年施行でも衰弱木の樹体影響なく高い防除効果が確認され、現地のブナ成木にも適用できることが示された。約30本の防除実証試験では、注入にかかる作業時間は15cm間隔区と比較して25cm区のほうが3割程度短縮された一方、食害の回避・軽減効果は15cm間隔区と25cm間隔区で差はなかった。シウリザクラへの薬剤注入による死亡率は、対照区が29~42%であったのに対して、注入区が96~100%と高かった。注入区では葉の変色や萎凋症状、樹皮異常などの薬剤の影響はみられなかった。サクラスガ対策においても本手法を適用できる可能性がある。

##### Bc. 丹沢山地森林変遷解析

丹沢山地のブナ林における衰退リスクを可視化することで保全対策の効果的実施に寄与することを目的として、衰退要因による影響評価を行い、統合的なブナ林衰退リスクの評価手法を検討した。1970年代から2010年代にかけて森林が草地化した地点は蛭ヶ岳から丹沢山・竜ヶ馬場にかけての稜線部と、檜洞丸山頂付近を中心に分布していた。土地被覆の変遷とオゾンおよび水ストレスと地形要因で衰退地特性解析を行い、環境衰退リスクを評価したうえで、ブナハバチの食害リスクを重ね合せた衰退リスクマップを作成した。

## (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発

### (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発

#### A 水源林の施業技術の改良

##### Aa. 水源林整備地モニタリング

13 か所の計 24 試験区で下層植生の植被率等を調べ、過去 5 か年分のデータをまとめて、地域ごとの下層植生の変化を解析した。草本層の植被率は、丹沢と小仏・箱根のスギ・ヒノキ林の両方で第 1 回調査から第 2 回調査で増加する傾向を示し、第 2 回調査と第 3 回調査の植被率は同程度であった。一方、広葉樹林では時点間の大きな変化はなく、植生保護柵内の方が柵外よりも高い状況であった。

#### B. 対照流域法等による総合モニタリング —総括—

第 2 期かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づく森林における施策の効果検証のために、第 1 期に整備した県内 4 か所の試験流域においてモニタリング調査を継続した。現地でのモニタリングを着実に実行し短期的な成果をまとめるとともに、個別の結果を統合的にまとめて見解を整理していくための会議や打合せを実施した。特に丹沢の流域スケールの土壌保全効果、水生生物の実態調査結果の総合解析についての検討が進んだ。さらに、県職員向けには専門的知見や最新のモニタリング結果を普及するための研修会を 3 回開催した。また、モニタリング成果の公表・活用に関しては、対照流域モニタリングのポータルサイトを新たに開設し取組みの紹介等を掲載したほか、既存の文献等を元に水源林の自然環境の実態を掲載した。

##### Ba. 観測施設保守・改良

県内 4 か所の試験流域について、気象・水文観測施設等の維持管理・改良等を実施した。8 月 22 の台風 9 号の影響により量水堰に土砂が堆積し、大洞沢 (N01、3)、ヌタノ沢 (A 沢) において浚渫を実施した。また、植生保護柵を設置した大洞沢の N03 流域内に春季以降シカが侵入したことが確認され、その後柵内に定着している可能性が高くなったため、猟友会の協力によりオスジカ 2 頭を捕獲した。捕獲に先立ち、既設植生保護柵のうちシカの飛び越えの可能性が高い尾根部の 380m のかさ上げを行うとともに、冬季には、同じく尾根部の一部区間について柵を二重に増設する工事を実施した。フチヅリ沢の水位計は 12 月以降に異常値を示したことから、点検・修理を行った。

##### Bb. 大洞沢モニタリング調査

植生保護柵設置による下層植生回復が水収支や流出特性、土砂動態に与える効果について、東京大学及び東京農工大学との共同研究により継続して検証した。平成 28 年 8 月 22 日の降雨は観測史上最も激しく土砂流入により N01、N03 量水堰が満砂し、浚渫完了まで期間を要したため長期の欠測期間が生じた。水流出では、N04 流域の基岩地下水動態について解析したところ流域末端の河川流量の変化への基岩地下水の影響が小さくないことが明らかになった。また、N03 流域の植生保護柵設置後の変化については、直接流出量では明瞭でなく、水質 (硝酸態窒素) は、柵設置流域とそれ以外で差が生じはじめた可能性もあるが調査を継続して検証する必要がある。また、植生保護柵を設置した N03 流域内の下層植生は回復傾向であるとともに、これまでの種々のデータから土壌侵食を抑制するためにはバイオマス量 (乾燥重量) で 50g/m<sup>2</sup>程度必要であり、下層植生の種数で 5

～10 以上必要であると考えられた。下層植生の衰退した斜面では年間を通して土砂が生産され、粒径 2mm 未満のものは夏季に多く粒径 2mm 以上のものは冬季に多かったことから粒径別に生産機構を理解する必要がある。N03 流域と N04 流域の土砂流出特性はそれぞれ異なることが明らかになっており、N03 流域の植生保護柵設置後の変化は明瞭でないが、平成 28 年 8 月の台風 9 号による N03 流域末端での土砂流出量は観測史上最大であった

### Bc. 貝沢モニタリング調査

平成 24 年度に行われた間伐と木材搬出の前後における水・土砂流出と有機物（窒素）の動態の短期的変化について東京農工大学との共同研究により検証を行った。平成 28 年の年間降水量は 1622.3mm であり流域 2 で夏季に欠測があった。蓄積された水文観測データから水温に着目し解析したところ、流域 1 及び 2 と流域 3 では後者のほうが降雨後の河川水に占める地下水流出成分が多く流出機構が異なっていると考えられた。また平成 24 年度整備区における光環境測を継続し群状伐採区・人工林対照区・広葉樹林の季節変化を把握した。有機物（窒素）動態については、群状伐採区、通常間伐区、広葉樹リターの混入した箇所地温・体積含水率・全 N 量・全 C 量・微生物バイオマス N 等について、日射指数（SRI）を踏まえて解析した。その結果、年平均地温が増大するにつれ、年間の NH<sub>4</sub>-N 生成量、NO<sub>3</sub>-N 生成量、窒素無機化量が増大し、年平均地温は SRI×開空度が増大すると増大する傾向がみられた。SRI×開空度と年平均土壌体積含水率との関係では、群状伐採区のみで負の相関が認められた。これらから SRI×開空度の値は、群状伐採による地温上昇と乾土効果という窒素無機化への複合影響を 1 つの数値指標で表現し得ると考えられた。さらに、これらの群状伐採区等の窒素無機化促進は、渓流水質には影響しておらず整備前後あるいは整備をしない対照流域とで渓流の硝酸態窒素濃度に顕著な違いは見られなかった。

### Bd. ヌタノ沢モニタリング調査

平成 26 年 4 月に植生保護柵が完成したヌタノ沢において、基本的な気象・水文観測を継続するとともに、植生保護柵設置効果を検証するための各種調査、とりまとめを行った。2016 年の年間降水量は 2390mm であり年ごとの流況をみると A 沢は降水量の多寡によって変動し不安定であるが、B 沢は比較的安定している。直接流出量、濁度、水質（硝酸態窒素濃度）の経年変化をみたところ、植生保護柵設置前後の変化は直接流出量と水質では明瞭ではなかったが、濁度ではピーク流量 500 /s 以下の時に同程度のピーク流量でも柵設置前より柵設置後のほうがピーク濁度の値が低い傾向がみられた。また、植生保護柵設置 2 年半後の林床の被覆度を 6 段階で評価したところ、2015 年と比較して A 沢では裸地の面積割合が減少し、植生被度 80%以上に区分される部分の面積割合が増加した。B 沢では、リター少・リター多に区分される部分の面積割合が大きく増加するなど総合的には横ばいか劣化の傾向であった。既往の立木プロットにおける 1m×1m コドラートの林床合計被覆率の推移については、大きくは夏季に低下し落葉後に高くなる季節変動がみられるが、2016 年の夏季はほとんどのプロットで被覆率が低下せずに維持され、大きな降雨がなかったためと考えられた。

## Be. フチジリ沢モニタリング調査

基本的な気象・水文観測を継続し、平水時と出水時の流量・水質観測を行った。2015年の年間降水量は2683mmであり、特に9月は台風等の影響で月降水量450mmとなったものの全般的には比較的少雨の年であった。を上回った。平水時の流量測定結果は、これまでと同様にクラミ沢よりもフチジリ沢のほうが流量が多く、フチジリ沢では上流から下流になるに従い流量が増加したがクラミ沢では明瞭でなかった。出水時の流量観測は、平成28年9月8日に行い、これまでの実測データも活用して水位流量換算式の再検討を行った。水位計出力値の換算式も含めて検討した結果、平成27年度の換算式の不具合は解消された。夏季及び冬季の平水時の渓流水水質分析を行うとともに、経年変化について確認した。ほとんどの項目で変化は見られなかったが、硝酸態窒素のみ、クラミ沢で平成25、26年度に高かった。

## Bf. 水循環基礎調査（水循環基礎調査(1)―2016年度に実施した水質調査結果）

各試験流域では、定期調査として毎月1度の頻度で水質・流量調査を行い、臨時調査として渇水期に流程での水質・水質調査の一斉調査を行っている。2016年の調査結果として、ヌタノ沢の事例とし、流量・水質の観測調査結果を、さらに渇水期の一斉調査結果を報告。2016年は8月、9月に台風による大雨と出水があったが、年降水量は平年並みであった。A沢では、冬季の水涸れ、夏期の渇水があり、渓流水の一般水質は、A沢の冬期は欠測であった。夏期は $Ec$ 、 $Ca^{2+}$ が増加し、 $NO_3^-$ の低下が認められる。しかし、台風による増水後、解消された。一方、B沢では、夏期に若干の濃度増加が認められるものの、年間を通じて大きな変動は認められない。流域の富栄養化と関連する $NO_3^-$ において、2010年以降に両沢で分析された値の変動傾向を直線近似式で見ると、共に低下傾向が認められた、とくに、A沢の方がその傾向が強かった。水質改善の傾向と考えられるものの、その起源である降水の水質について動向を確認する必要がある。また、流域水循環を追跡するトレーサーとして安定同位体（ $\delta D$ と $\delta^{18}O$ ）の分析調査を開始した。A沢では流程での $\delta^{18}O$ の濃度変化は小さく、源頭部の濃度が下流まで保持されていた。一方、B沢 $\delta^{18}O$ 濃度はでは両岸の湧出地下水が重く、下流で重くなる傾向を裏付けている。しかし、降水の $\delta^{18}O$ に季節変化があることから、引き続き追跡調査する必要がある。なお、炭酸、シリカ、安定同位体分析は外部委託で行った。

## Bg. 水循環基礎調査

### （水循環基礎調査(2)―2016年度に実施した地下水位および流量の観測調査結果―）

流域水循環の基礎情報である降水量、地下水、流量について、2016年の観測調査結果を報告。自噴する貝沢を除く3流域の4観測井で観測された地下水位は、フチジリ沢のほかは2月に最も低下し、台風後の9月に最も高く、降水の状況に対応した変動が記録された。なお、フチジリ沢では気圧変動が大きい。過去5年間の書く観測井の記録を見ると、フチジリ沢観測井で僅かな低下傾向が、大洞沢B2観測井で僅かな増加傾向が認められた。流量観測では、台風時の出水で観測装置が故障し、欠測、精度落ちが生じたものの、台風後の基底流出増加が観測された。地下水の湧水による渓流水かん養が明瞭な大洞沢、クラミ沢・フチジリ沢およびヌタノ沢で、臨時調査として流程での流量・水質を調査した。その結果、大洞沢の崩壊地湧水、クラミ沢・フチジリ沢の崖錐湧水、ヌタノ沢の源頭湧水などが、渇水時の基底流出を担う地下水の湧出状況を把握できた。

## Bh. 水生生物調査（統合解析）

県内に設置された4つの試験流域における付着藻類および底生動物の特徴とその位置づけを明らかにするための解析を行った。底生動物については、丹沢の流域群（大洞沢とヌタノ沢）は、年複数世代となる世代時間の短い種群や礫などの生息場を好む肉食性の種群の構成比の高さにより特徴付けられ、一方で貝沢の流域群は1年生あるいは複数年生の世代時間の長い種群および淵などを好む堆積性の種群により特徴付けられた。フチジリ沢の流域はこれらの中間的な特徴となった。これらは、潜在的な地質や林床植生の劣化の差異による斜面からの土砂流出特性の差異やそれに伴う攪乱頻度の差異が影響していると考えられた。付着藻類については、流域間での種数や細胞数の流域間の差異は、針葉樹人工林率や陰影起伏と相関があり、樹冠による日射の遮断や地形・方位による日射の差異が寄与していることが示唆された。突出して付着藻類量が多かったヌタノ沢は、落葉広葉樹率が高く、かつ南東向きの流域方位が高い生育量を示した一因であると考えられた。

## Bi. 水生生物調査（現地モニタリング調査の試行）

試験流域における溪流環境の変化に対する水生生物の応答を明らかにするために、底生動物相の流況や季節による変化を捉えるための簡易的なサンプリング手法の検討を行った。礫性の底生動物を効率的かつ定量的に採集するために、小型のタイルを重ねて作成した基質を河床に設置し、定着した底生動物を採集した。一般的なサーバーネットを用いた採集結果と比較したところ、採集される個体数は少なくなるものの、礫表面やその間隙に生息する種については効率的に採集することが可能であると考えられた。

## Bj. 水生生物調査（モニタリング基礎調査）

水源流域に生息する水生動物のうち、広く中下流河川にも生息するものについて、今後の水系全体での水源環境の検討に先立ち、異なる分布域や移動性を考慮し、広域分布種としてヤマメ、シロタニガワカゲロウ、狭域分布種としてホトケドジョウの地域個体群の遺伝子解析を基礎調査として行った。ヤマメは、地点ごとの多様性は低く、このことから、堰堤などの河川構造物により、本来の遺伝的多様性を失った可能性がある。シロタニガワカゲロウでは短距離で遺伝的な分化が認められた地点間では、個体の交流が無いことが考えられ、移動分散能力に加え、堰が移動を妨げている可能性が考えられた。一方で県内のホトケドジョウ集団は、多くの水系あるいは支流の地点間で、極めて高度に分化が生じており、遺伝的交流はほとんどないと考えられた。

## Bk. 水循環モデルによる解析

—平成28年度に実施した4試験流域の現地モニタリングデータに基づく既存モデルの改良—

試験流域で行われる施業効果の予測、検証のため、新たに得られた情報を流域水循環モデルに反映させ、モデル改良を行っている。2016年は、4試験流域の土層厚データを入れ替えたほか、各流域で河床に岩石が露出する部分と砂礫が堆積している箇所を区分し、地下水と渓流水の交流が算定できるように条件を追加した。大洞沢モデルではNo.4流域に加え上流崩壊地でも同様に高透水性地盤を設定したが、観測データが十分でなく、引き続き検証が必要である。クラミ沢・フチジリ沢モデルでは、現地踏査等を踏まえ、不透水性基盤を新たに設定し、フチジリ沢流域でその効果を見る

ことができた。しかし、クラミ沢では再検討が必要と考えられた。また、分かりやすい出力図として、地下水の流向・流速のベクトル図、水頭変化のグラフ出力、流跡線の単純化を行い、良好な結果が得られた。なお、モデル計算は外部委託で行った。

#### **B1. 水源施策の総合評価のための情報整備**

本業務は高度なGIS技術を持ち、システム設計やGIS上のプログラミングのできる派遣職員により実施した。森林で行われる事業の総合的な施策評価を行うため、事業実績や各種モニタリング調査のデータを収集・整理するとともに、収集したデータやモニタリング結果を用いた高度な解析、それらの公表のための図化等を行った。特に、既存の公表データを活用して水源地域の概況を項目ごとに整理・解析してとりまとめ、わかりやすく図化した。これらの一部は、研究連携課のホームページで「アトラス水源林」として解説を加えて公開した。また、モニタリング結果の解析支援として、各試験流域について地形情報等による水分指標（TWI）算出や日射の評価指標等の解析、図化を行った

#### **C. 水源林の整備が森林生態系に及ぼす効果把握－総括－**

過年度までの調査で、小型哺乳類のデータに年次または地域によるばらつきが見られたため、それを確認するために小仏山地の6か所、丹沢山地の6か所、箱根外輪山の6か所の計18か所で、小型哺乳類を調査した。その結果、3地域でまんべんなく個体数が確認できたことから、年次による変動が大きいと考えられた。また、過年度までのデータをもとに総合的な解析を試行した。

##### **Ca. 植物（林床植生・更新木）**

スギ・ヒノキ・広葉樹における間伐後の林床植生の種多様性の変化について明らかにする為に、小仏山地・丹沢山地・箱根外輪山の間伐施業履歴の異なるスギ・ヒノキ・広葉樹林において植生調査を行い、それぞれの林分における林床植物の出現種数、植被率、多様度指数を算出した。そのうち、木本種については、更新木とし、その種数、個体数をカウントした。一般化線形混合モデルによる間伐の影響の推定を行った結果、林床植物の種数、多様度指数、更新木の出現種数、個体数に関して、間伐後の林分で有意に増加する傾向が確認された。

##### **Cb. 土壌動物（ササラダニ類・ミミズ類）**

スギ・ヒノキ人工林において、間伐が土壌中に生息するササラダニおよびミミズの種多様性に与える影響を明らかにする為に、小仏山地・丹沢山地・箱根外輪山の間伐施業履歴の異なるスギ・ヒノキ人工林においてササラダニの種数、およびミミズの種数と個体数について調査した。林内環境の指標として別調査で行われた林床植生調査、林分構造調査のデータより、林床植生の種数、植被率、木本層の種数、胸高断面積合計値をそれぞれ解析に使用した。一般化線形混合モデルによる解析を行った結果、間伐による直接的要因について、ミミズの個体数が、間伐後の林分で有意な増加する傾向が確認された。ササラダニは、間伐による影響は見られず、地域による差など他環境による影響が大きかった。林内環境との関係については、ササラダニ、ミミズ共に、地形要因や林床植生、林分構造との関係性が確認された。

##### **Cc. 昆虫（林床性・地表性）**

間伐によって変化する林内環境が地表性・林床性昆虫の多様性とどのような関係があるのかを検

証する為に、小仏山地・丹沢山地・箱根外輪山の間伐施業履歴の異なるスギ・ヒノキ人工林において、地表性昆虫および林床性昆虫の種数と個体数について調査した。林内環境の指標として別調査で行われた林床植生調査、林分構造調査のデータより、林床植生の種数、植被率、木本層の種数、胸高断面積合計値をそれぞれ解析に使用した。それらデータを用いて、スギ・ヒノキ人工林において地表性昆虫および林床性昆虫の種数や個体数に間伐が与える影響について一般化線形混合モデルによる解析を行った。その結果、間伐後林分の方が間伐前林分に比べ昆虫類の多様性が高くなる傾向が確認され、特に林床植生の存在が昆虫類の多様性に強く影響していることが示唆された。また、捕食者と草食者の相関関係について解析した結果、地表性・林床性ともに有意な正の相関があった。

#### **Cd. 鳥類**

神奈川県の水源地整備では、人工林の間伐することによって複雑な階層構造をもつ針広混交林を目指している。本研究では、森林がより複雑な階層構造をもつほど鳥類相が豊かになるかを検証するため、森林における階層構造の複雑さと鳥類の種と個体数の豊かさとの関係について調べた。その結果、調査区内の樹高が多様になると、ゆるやかではあるが鳥類の種数が増える傾向がみられた。また個体数においても、樹高が多様であるほど増加する傾向がみられた。これらのことから、森林の階層構造が発達すると、鳥類の種数と個体数が増加することが示唆された。

#### **Ce. 総合解析**

本業務では、間伐が森林の生物多様性に与える効果を多分類群で総合的に評価することを目的としている。しかしながら、これまでに得られた調査データは分類群によってその量的性質が異なる為（例：在不在、個体数、植被率等）、総合的な解析を行なう上で各分類群の多様性指標を検討する必要があった。そこで本年度は、量的性質の異なる多分類群において統一して扱うことのできる多様性指標の開発を行なった。これまでの調査データをもとにし、一般化線形混合モデル（GLMM）を用いて「各分類群のそれぞれの調査区における出現のしやすさ（出現強度）」という多様性指数を算出するモデル式を作成した。今後は、開発された多様性指標（出現強度）を用いた総合解析と総合解析の結果に基づいた水源地の生物多様度の変遷を予測するシミュレーションが行なうことが課題である。

#### **D. スギ・ヒノキ花粉症対策品種開発と実用化開発**

##### **Da. スギ・ヒノキ花粉発生源地域推定事業**

社会的に大きな問題となっているスギ・ヒノキ等の花粉症に対し、花粉を飛散する雄花の着花量を直接観察することにより、花粉飛散量の予測を行なっている。スギ林30箇所の着花点数の平均値は、37.7点となり、やや多かった昨年（平成27年）平均値をやや下回り、平成29年春の花粉飛散量は、昨年、例年よりやや少なくなると予想された。

一方目視による予測を試行しているヒノキは、丹沢から箱根地域にかけてのヒノキ林40カ所で、着花ランクにより重み付けした点数は34.1点となり、過去4年間で最も小さくなり、やや不作年であると推定された。また前年の着花点数と雄花量との関係は、相関係数は0.87で有意な高い相関が認められ目視調査の有効性を示唆した。

## Db. スギ・ヒノキ林の花粉削減研究

久野ヒノキ林の雄花トラップ調査による雄花着花量は、2016年は9,108個/m<sup>2</sup>と2015年の6,241個/m<sup>2</sup>を上回り増加したものの平均値(11,618個/m<sup>2</sup>)に近い雄花量となった。年次変動は前年夏の日照時間と有意な関係であり、2015年7、8月の日照時間が355時間で平均をやや上回るものの平均に近い時間になったことが原因と考察された。21世紀の森地内のヒノキ採種園の1998年からの雄花の2016年の着花指数は1.76と前年2.30を下回り、2010年以来の不作年となり所内のヒノキ花粉飛散量と同様の結果になった。

所内スギ林分でのダーラム法による花粉飛散量調査では、平成28年春のスギの総花粉飛散量は、6,260個/cm<sup>2</sup>となり前年値(15,740個/cm<sup>2</sup>)及び平均を下回った。ヒノキについても990個/cm<sup>2</sup>となり前年値(3,510個/cm<sup>2</sup>)、平均値を回った。スギの総花粉飛散量と雄花生産量との関係をみると、高い相関がみられた。県内スギ林の着花量調査との関係を調査したところ雄花量と花粉飛散量との間にも高い関係が認められた。

## Dc. 無花粉ヒノキの実用化研究

発見した無花粉ヒノキの無花粉の発現要因が減数分裂であり、染色体数に異常がなかった。さし木ではコンテナ苗の直さしは活着率5%だが通常さし木では100%で効率的な苗木生産の可能性を示唆した。新たな無花粉ヒノキ候補木を選抜し、葯が開裂せず葯内に大小粒子があり秦野1号に酷似した。連鎖地図作成の遺伝的変異の候補としてSSR配列を探索し6,763個のSSRが検出され、142個のSSRのPCRプライマーの設計を行ない、108個がPCRで増殖し54個で多型が得られた。SSRマーカーにより秦野1号と基準品種の遺伝変異を解明した。

## (2-2) 野生動物と共存できる森林管理技術の開発

### A. シカ森林管理一体的推進手法の開発

水源林の施業地におけるシカ捕獲後の植生回復を検証するために、前年度に引き続き水源林等の11か所34地点で植生とセンサーカメラによるシカの利用状況を調査した。捕獲を開始して間もないため植生の顕著な変化は現われていないものの、2か所は前年度より植被率が増加したが、3か所では減少した。センサーカメラの調査では、すべての地点でシカが優占種であった。

### B. シカ生息環境モニタリング

シカ保護管理事業において捕獲による植生回復を検証するために、12地点で植生保護柵内外の植生を調査して、5年前のデータと比較した。4地点の柵外では植被率が10%以上増加して、1地点では30%低下した。植被率が増加した4地点ではいずれも不嗜好性種または採食耐性種が増加していた。植被率が低下した地点はスズタケの一斉開花によるものであった。更新稚樹の樹高は2地点で5年前よりも10cm以上高くなっていた。



## 2-3 個別研究の年次実績

### (1) 丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発

#### A. 大気およびブナハバチモニタリングとブナ林衰退への影響機構解明

- (1) 課題名 **Aa. ブナ林の大気環境解析 1 (平成 28 年度ブナ生育期におけるオゾン濃度測定結果)**
- (2) 研究期間 **平成 25～29 年度**
- (3) 予算区分 **丹沢大山保全・再生対策事業費**
- (4) 担当者 **相原敬次・谷脇 徹・齋藤央嗣・西口孝雄**

#### (5) 目的

ブナ林の衰退解明を大気環境の視点から明らかにすることを目的として、丹沢山地における大気環境計測を実施してきている。計測地点は、丹沢山(標高 1567m)、檜洞丸(標高 1601m)、鍋割山(標高 1275m)および菰釣山(標高 1379m)の 4 地点で、いずれもソーラー発電システムによる電源を用いている。大気環境計測のうち、ブナ林の成育に影響を及ぼしている大気汚染物質であるオゾン濃度の計測は、電力容量の制約から丹沢山と檜洞丸に限られていた。前年度までに小電力型の小型オゾン計の使用をした結果、鍋割山および菰釣山でのオゾン濃度の計測が可能となった。丹沢山地のブナ成育期(4 月から 9 月)のオゾン濃度について、従来からの丹沢山と檜洞丸に加え、鍋割山と菰釣山を含めより広範囲に把握することを目的とした。

#### (6) 方法

計測に用いた機種は、丹沢山および檜洞丸がダイレック 1150 型を使用した。小電力型のオゾン計は鍋割山が 2B-Tec106 型と菰釣山が 2B-Tec202 型を使用した。いずれも紫外線吸光方式のオゾン計で、計測に際してはあらかじめオゾン動的較正装置(ダイレック社製オゾン発生器: 1410 型、同空気清浄器: 1400 型)による濃度較正を実施した。オゾンの濃度の計測データは前 1 時間の平均値とし、4 月 1 日から 9 月 30 日までの期間について、機器のトラブル等による欠測値を除いた計測時間、平均濃度、最高濃度およびブナへの影響の指標となる AOT40(午前 6 時から午後 6 時までの 0.040ppm を越える積算濃度)を求めた。

#### (7) 結果の概要

計測期間中における計測機器等のトラブルから生じた欠測時間を除いた計測時間の割合は鍋割山が 63%と低かったものの、他の地点ではほぼ 90%程度であった。この期間の平均濃度はいずれも約 0.040ppm、最高濃度は約 0.100ppm と同程度であった、また AOT40 は欠測の多かった鍋割山を除いて 9～15ppm・hour であった(表 1)。4 月から同年 9 月までのオゾン濃度の時間変化の推移を見た結果、従来からの檜洞丸および丹沢山と比較した結果、鍋割山および菰釣山においてもほぼ同様な濃度推移を示した(図 1)。しかし、7 月 14 日から 7 月 17 日の例のように期間を拡大して比較すると、地点毎に異なった状況も認められ、オゾンの動態に差違があることが確認された(図 2 の A、B の部分)。

#### (8) 今後の課題

欠測が少ない有効データの割合を高めることと、4 地点間の濃度変化の違いと気象要因との関係を検討する。

#### (9) 成果の発表

なし

表1 ブナ生育期\*における丹沢山地4地点におけるオゾン濃度の測定結果

地点	計測時間(%)	平均オゾン濃度 (ppm)	最高オゾン濃度 (ppm)	AOT40(ppm・hour)
丹沢山	92.1	0.036	0.101	9.2
檜洞丸	89.2	0.040	0.096	13.1
鍋割山	63.0	0.034	0.094	5.2
菰釣山	90.4	0.041	0.111	14.9

\*:平成28年4月1日0時から同年9月30日23時まで

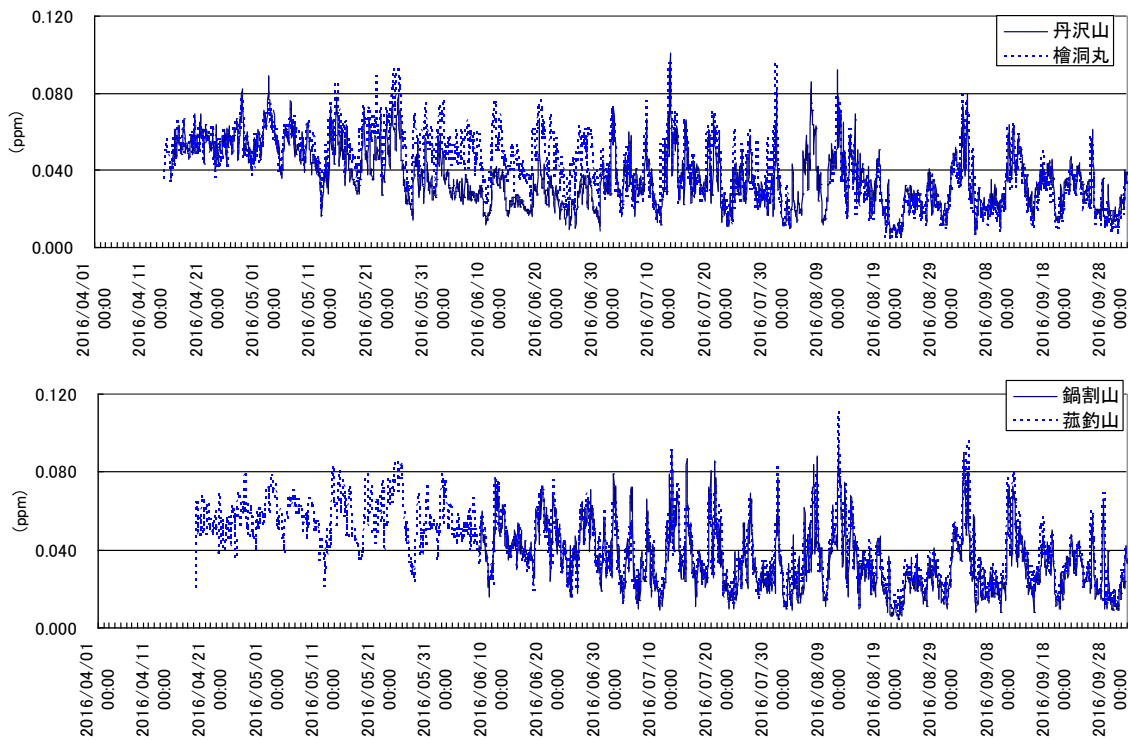


図1 丹沢地域4地点におけるブナ生育期(4月~9月)のオゾン濃度推移

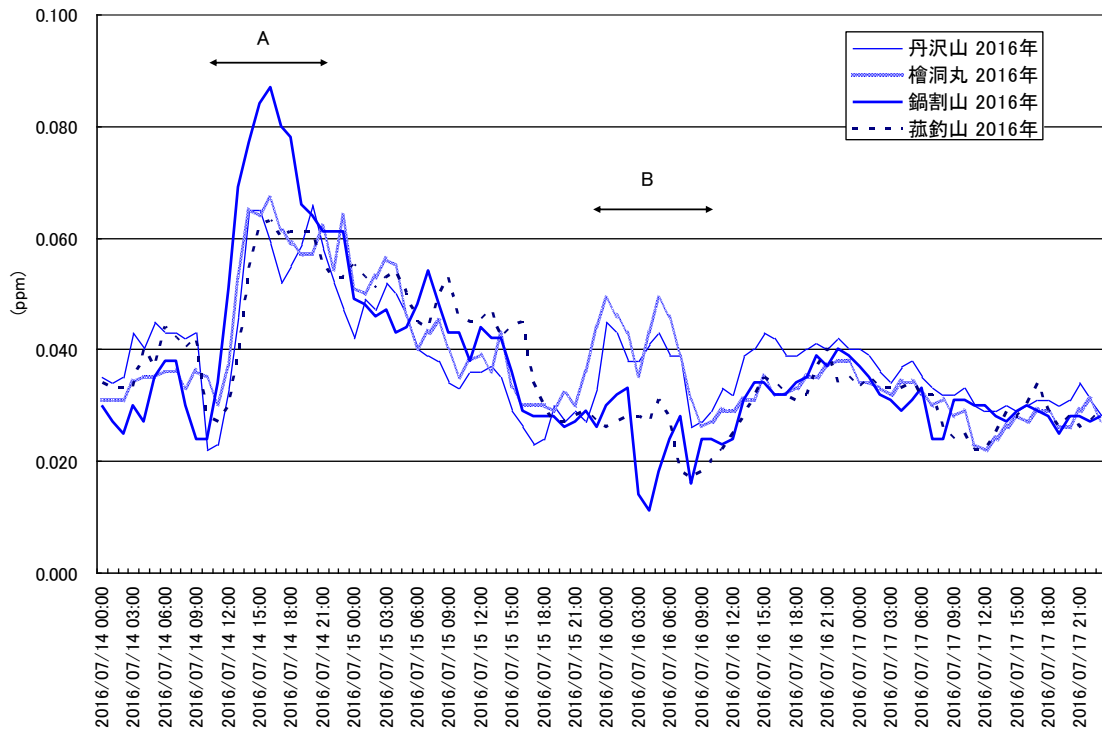


図2 平成28年の7月14日から7月17日までの4地点の濃度推移

(1) 丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発

A. 大気およびブナハバチモニタリングとブナ林衰退への影響機構解明

- (1) 課題名 Ab. ブナ林の大気環境解析 2 (丹沢山地におけるオゾン濃度の経年推移)  
(2) 研究期間 平成 25～29 年度  
(3) 予算区分 丹沢大山保全・再生対策事業費  
(4) 担当者 相原敬次・谷脇 徹・内山佳美・齋藤央嗣・西口孝雄・山根正伸

(5) 目的

大気環境の視点から丹沢山地のブナ林の衰退解明を目的に、この地域における気象等の大気環境計測を 2002 年 (平成 14 年) から実施してきている。計測はブナの生育に影響を及ぼしている大気汚染物質としてのオゾン濃度についても実施してきた。オゾン濃度の計測は、檜洞丸 (標高 1601m) の山頂直下で 2004 年 (平成 16 年) から始まり、次いで 2007 年から丹沢山山頂 (標高 1567m) においても開始した。いずれも山頂であるためソーラー発電施設を設置しての連続計測である。さらに、2008 年からは商用電源が確保されている標高約 700m の県大野山牧場 (大野山) においても計測を開始したが 2016 年 4 月以降は施設廃止にともなって計測を停止した。丹沢山および檜洞丸は、落雷等をはじめとする山岳での気象条件の厳しさから連続計測はしばしばトラブルを余儀なくされてきている。今回、これら 3 地点でのブナ生育期 (4 月から 9 月) に計測されたオゾン濃度のデータを整理し、丹沢山地におけるオゾン濃度の経年推移について比較検討した。

(6) 方法

檜洞丸、丹沢山および大野山における各年の 4 月 1 日 0 時から 9 月 30 日 23 時まで各月のオゾン濃度の時間値について整理した。整理にあたっては 3 地点間の計測値の比較をするとともに、必要に応じて西丹沢測定局 (神奈川県大気汚染常時監視地点: 標高約 900m) の計測結果も参考にした。これまでオゾンを含んだ大気汚染物質は、丹沢地域ではほぼ同様な動態を示すことがわかってきている。このため時間変化や日変動の状況から異常値や疑わしい値を削除し有効データとした。各年の有効データから、有効計測時間、平均オゾン濃度、オゾン濃度の最高値および植物影響の指標となる AOT40 (0.040ppm 以上の積算濃度) の経年推移を求め、比較検討した。なお今回、有効計測時間の割合が 75%未滿の地点および年は最高濃度を除いて比較検討の対象からはずした。

(7) 結果の概要

A. 各地点の有効計測時間

有効計測時間が 75%以上であった年を比較した結果、3 地点間で大きな差があった。すなわち、丹沢山では 2012 年、2015 年および 2016 年の 3 年間と少なく、計測を始めてから 10 年間のなかでは全く有効データが得られなかった年もあった。檜洞丸では 13 年間のうち 2004 年、2006 年および 2011 年の 3 年間を除いた年で 10 年間であった。また大野山では 8 年間のうち 2012 年を以外の 7 年間と最も有効計測時間が多く、商用電源を用いた電源の安定性や保守管理の差が認められた (図 1)。

イ. オゾン濃度平均値の経年推移

丹沢山および檜洞丸はいずれの年も 0.030～0.050ppm 前後の濃度で推移しているのに対して大野山ではこれより若干低い 0.025～0.030ppm のレベルで推移していた (図 2)。このことは、高標高 (約 1600m) にある丹沢山および檜洞丸に比較して、低標高 (約 700m) にある大野山とのオゾンの挙動の違いと考えられた。

ウ. オゾン濃度の最高値の経年推移

3 地点とも最高値は 0.100 から 0.150ppm の範囲で推移しており、丹沢山地では毎年、ブナの生育期間に環境基準 (0.060ppm) を越える高濃度のオゾン濃度になる実態が確認された。 (図 3)

エ. AOT40 の経年推移

丹沢山および檜洞丸が 14~20ppm・hour で推移しているのに対して、大野山ではこれよりやや低い 10ppm・hour のレベルで推移した。いずれの地点とも樹木の生育に影響を及ぼす基準とされている 10ppm・hour を越えており、とりわけ丹沢山と檜洞丸ではこの 2 倍程度のレベルで推移してきた。(図 4)

(8) 今後の課題

計測データの精度、質の向上

(9) 成果の発表

なし

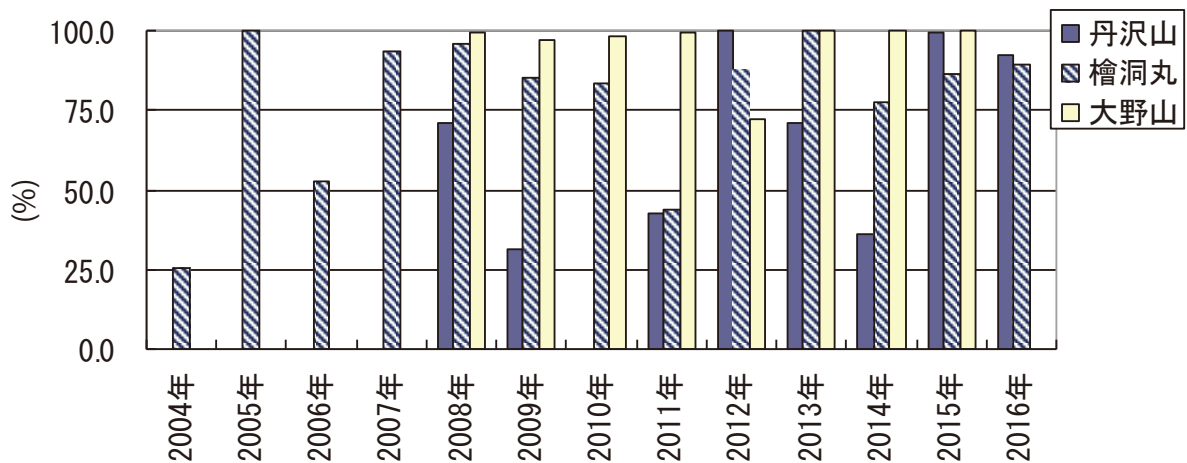


図1 有効計測時間の経年推移 (%)

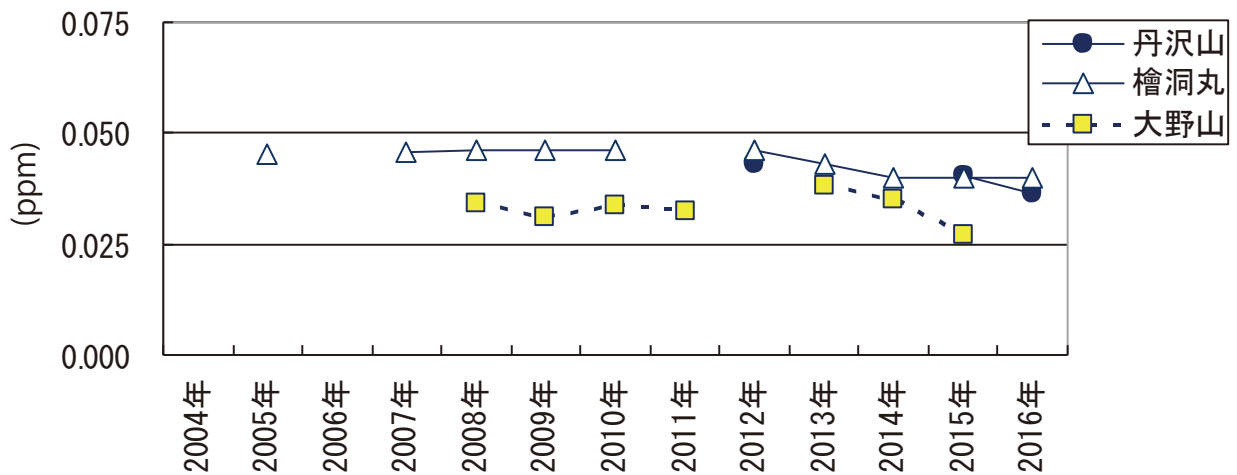


図2 平均オゾン濃度の経年推移 (ppm)

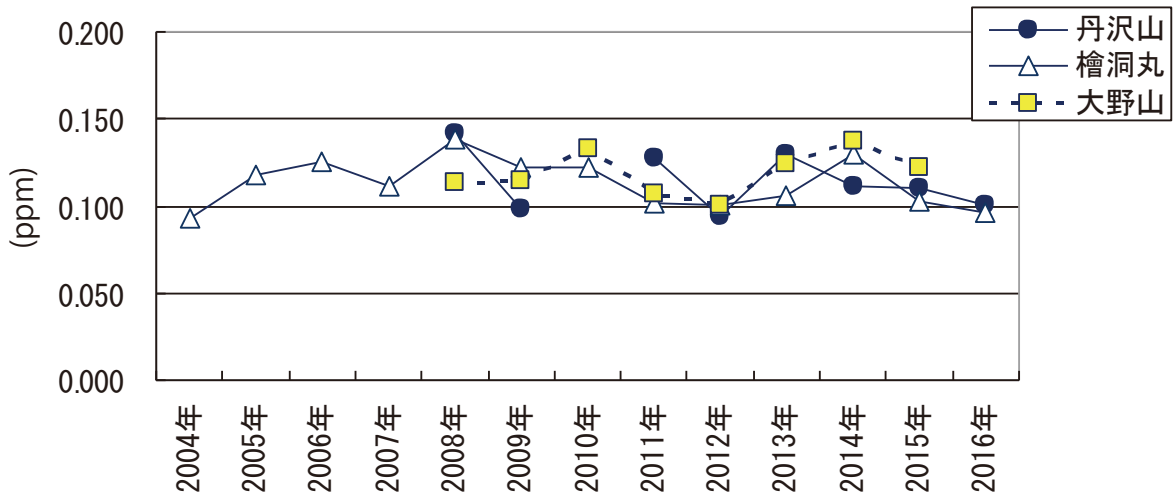


図3 オゾン濃度の最高値の経年推移 (ppm)

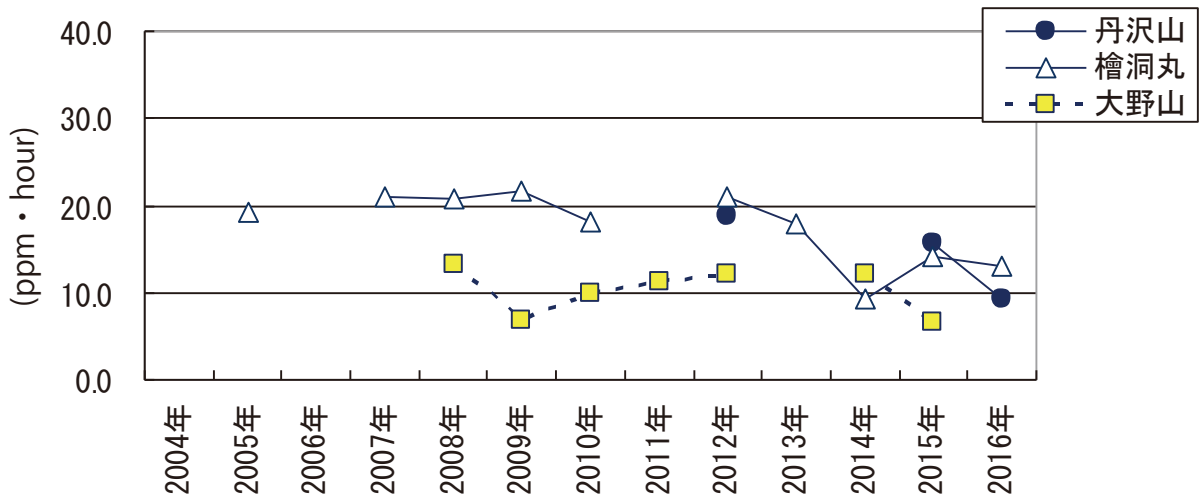


図4 AOT40の経年推移 (ppm・hour)

(1) 丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発

A. 大気およびブナハバチのモニタリングとブナ林衰退への影響機構解明

- (1) 課題名 Ac. ブナ林の水分生理調査（水ポテンシャル調査）  
(2) 研究期間 平成 25～28 年度  
(3) 予算区分 県単（特別会計 丹沢大山保全・再生対策事業費）  
(4) 担当者 谷脇 徹・齋藤央嗣・相原敬次

(5) 目的

丹沢ブナの衰退要因として、オゾン等の大気汚染物質、ブナハバチの食害と並び乾燥化等によって生じる水ストレスがあげられている。ブナ林の衰退における水ストレス影響を検討することを目的に、本年度はブナハバチの食害を模した摘葉実験を実施したブナ枝の木部構造（道管径等）を調査し、食害と水ストレス影響との関係を検討した。調査は京都府立大学の上田正文准教授との共同研究（一部委託）で行った。

(6) 方法

厚木市七沢の自然環境保全センター苗畑の樹高 2.5～5m のブナ 12 個体を供試材料として選定した（表 1）。その中から全摘葉処理（黄色の番号札）、3/4 摘葉処理（白色の番号札）および摘葉処理をしない対照区（青色の番号札）を、サイズと配置に偏りが生じないように 4 個体ずつ選定した。処理時期は 2016 年 5 月 10 日とし、ブナ樹冠全体の葉を対象に、全摘葉処理では葉丙のみを残すように、3/4 摘葉処理では葉の付け根 1/4 を残すように、ハサミを用いて摘葉処理を行った（図 1、2）。枝の採取は夏期に実施し、採取枝の木部の解剖学的観察を行った（図 3）。

(7) 結果の概要

水分通導組織である道管は、全摘葉処理および 3/4 摘葉処理した個体では、摘葉処理をしない対照区と比較して径が細く、密度が高くなる傾向にあった。一方、水分通道域（道管面積／切片面積×100）は、摘葉処理区間で差が認められなかった。冬期の冬芽のサイズは全摘葉処理および 3/4 摘葉処理した個体では摘葉処理をしない対照区と比較して小さくなった。葉の展開後の早い時期に生じるブナハバチ等による深刻な食害は、丹沢山地におけるブナ林の衰退が激しい地域に生育するブナの道管径の縮小に影響を及ぼす可能性があり、ブナハバチの食害を防除することが丹沢山地の生じているブナ林衰退を防ぐために有効である可能性が示された。

(8) 今後の課題

今後は、摘葉時期による違いがブナの水分通道組織構造におよぼす影響の違いや、摘葉後の水分通道組織構造の回復経過について調査を行う必要がある。

(9) 成果の公表

なし

表 1 供試木の概要

ブナ成木番号	摘葉処理	平均胸高直径 (cm±SD)	平均樹高 (m±SD)
青	摘葉無し	3.6±1.7	3.56±0.89
白	3/4摘葉	3.9±1.5	3.73±0.95
黄	全摘葉	3.9±1.2	3.55±0.87

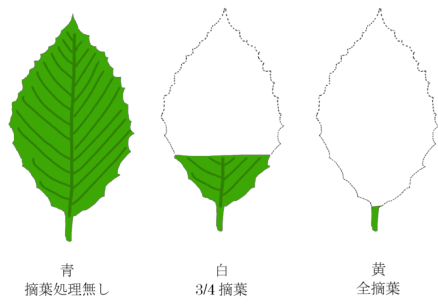


図1 摘葉処理



図2 摘葉処理の作業状況

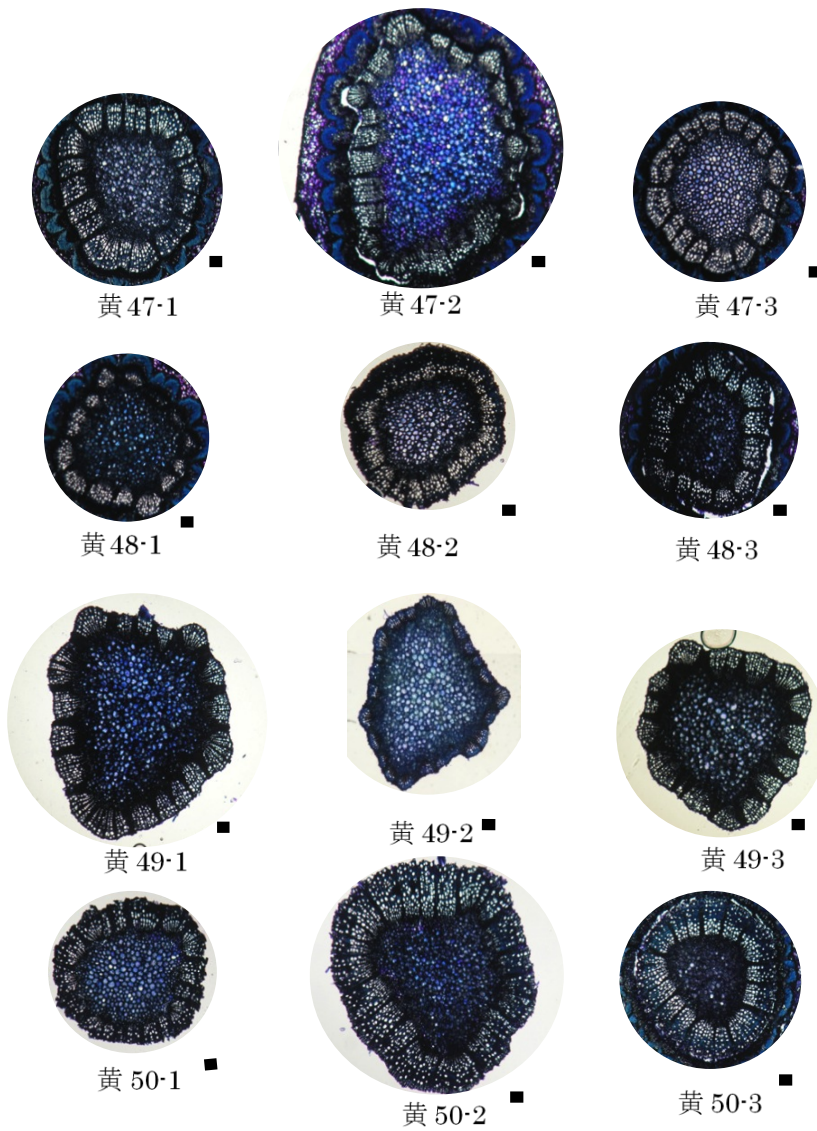


図3 ブナ枝の木部断面（全摘葉処理の例）



(1) 丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発

A. 大気およびブナハバチモニタリングとブナ林衰退への影響機構解明

- (1) 課題名 Ad. ブナ林の生理生態調査 1 (樹幹水分計測のための水分計のキャリブレーション)
- (2) 研究期間 平成 25~29 年度
- (3) 予算区分 丹沢大山保全・再生対策事業費
- (4) 担当者 相原敬次・谷脇 徹・齋藤央嗣

(5) 目的

丹沢山地におけるブナ林の衰退要因として、大気汚染(オゾン)、水ストレスおよび虫害(ブナハバチ)が指摘されている。ブナが枯死に至る具体的な機構については未だ不明な部分が多い。生育中の樹体の水分状態についてその経時変化を捉えることは、この影響機構解明のための重要な知見のひとつとなる。このための手法として、土壌等の水分の計測に利用されている誘電率を原理とした水分計が一部で使用されている。今回、この手法を用いて樹体の水分状態、すなわち体積含水率を求める目的で水分計キャリブレーションの方法について検討した。

(6) 方法

水分計は ADR 法による Delta-T 社製のシートプローブ ML2x を 2 台使用した。キャリブレーションは以下の手順で実施した。(図 1、図 2)

①乾燥した木材の切削屑→②80°Cで24時間追加乾燥→③ブレンダーにより粉碎→④目開き1mmのフルイを通過させる(木材細粉)→⑤木材細粉を合成樹脂製の容器(計測容器)によく圧縮して充填し体積として800mlとしたのち重量(Mg)を秤量する→⑥木材細粉をバット等の容器に移し最初に約80mlの蒸留水を少しずつ攪拌しながら加える→⑦十分に水分をなじませ均質化した木材細粉を計測容器に戻し、水分計センサーを挿入し、出力をデータロガーに記録する。この際水分の揮散を抑制するために水分計ごとビニール袋等で全体を覆う→⑧水分計の出力が安定したら水分計センサーを外してから重量を秤量し、木材細粉(Mg)との差から体積含水率を求める→⑨手順⑥から手順⑧を繰り返して体積含水率ごとの水分計出力を求める→⑩水分計出力値(出力が安定してからの平均値)と体積含水率との回帰式を求める。

(7) 結果の概要

水分計センサーの出力値は約50~600(mv)の範囲となった。この出力範囲の体積含水率は約0.10~0.60(m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)値がであった。2台の水分計とも同様に体積含水率の上昇に従いほぼ直線的に水分計出力値も高くなった(図3)。この結果から水分計出力値から体積含水率を求める以下の回帰式を算出した。なお、今回の回帰式は3次式を用いた(図4および図5)。

$$\text{水分計 (No. 1)} \quad y=4E-0.9x^3-4E-06x^2+0.0021x+0.0021$$

$$\text{水分計 (No. 2)} \quad y=4E-0.9x^3-4E-06x^2+0.0022x-0.0018$$

(8) 今後の課題

木材の材質による水分計出力値の差違の検討

(9) 成果の発表

なし



図1 バットに移して水分を含有させた木材細粉



図2 水分計センサーの出力値計測

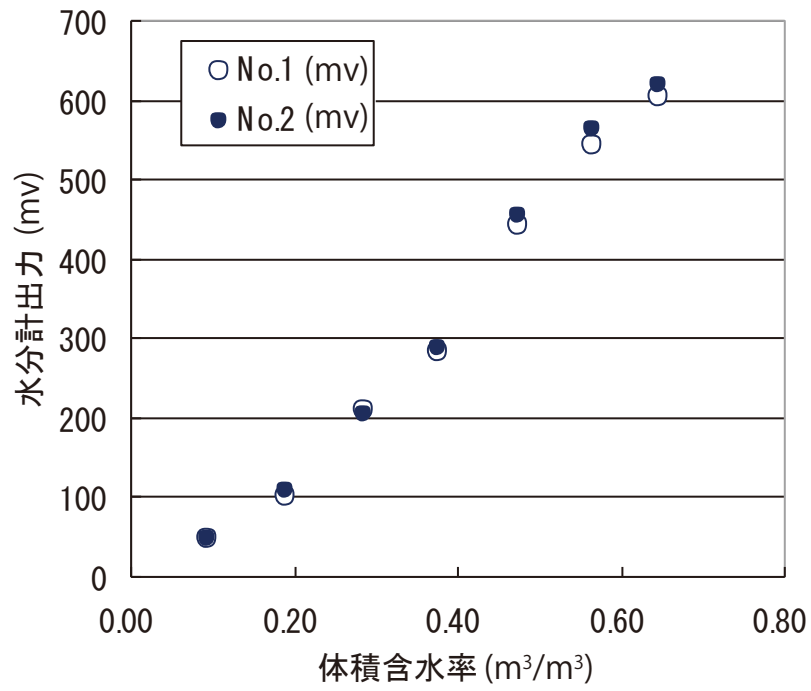


図3 体積含水率と水分計出力の計測結果

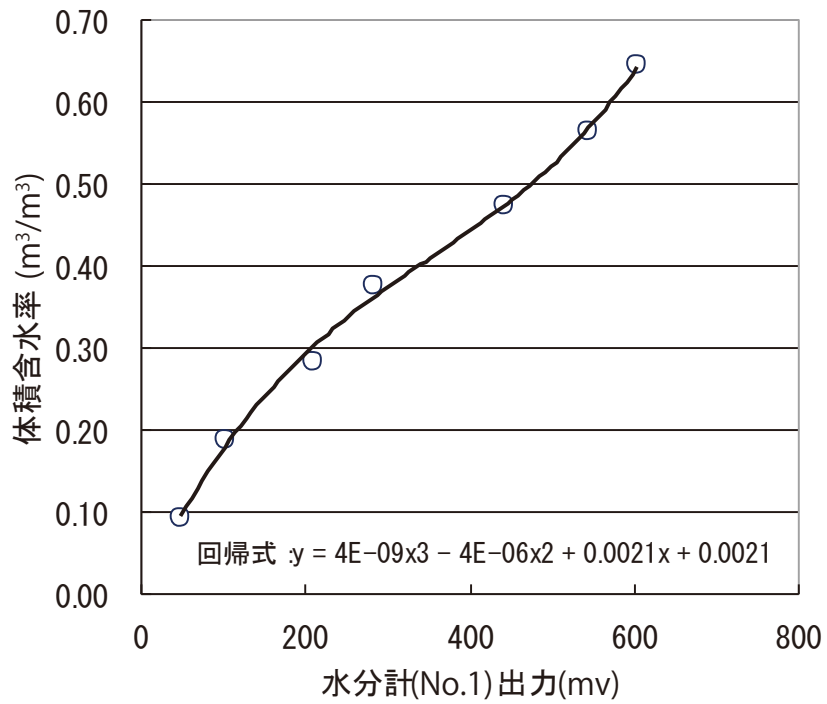


図4 水分計 (No.1) 出力値と体積含水率の回帰式

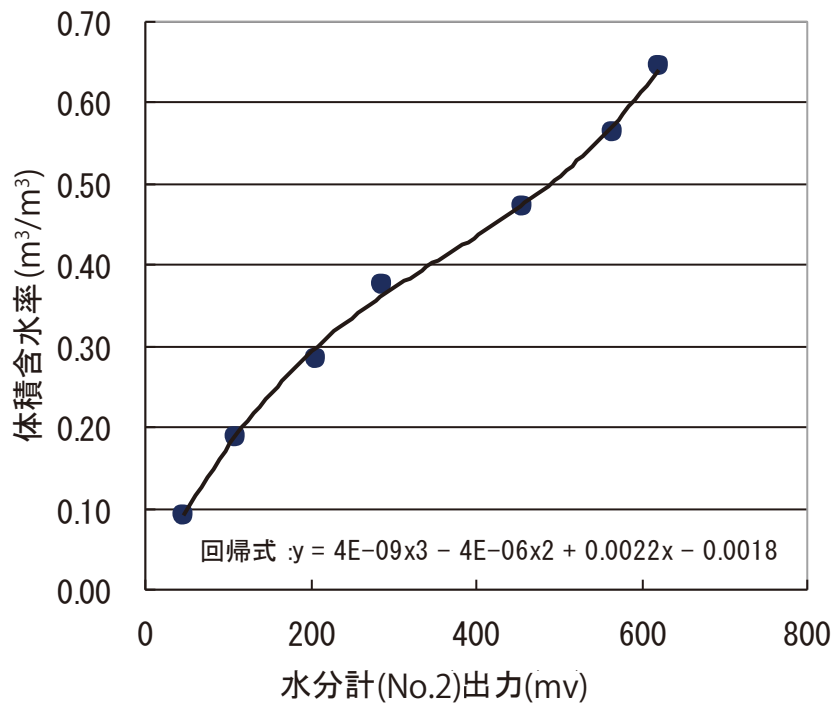


図5 水分計 (No.2) 出力値と体積含水率の回帰式

(1) 丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発

A. 大気およびブナハバチモニタリングとブナ林衰退への影響機構解明

- (1) 課題名 Ae. ブナ林の生理生態調査 2 (グラニエ法による樹液流速計測の変動要因)  
(2) 研究期間 平成 25~29 年度  
(3) 予算区分 丹沢大山保全・再生対策事業費  
(4) 担当者 相原敬次・谷脇 徹・齋藤央嗣

(5) 目的

丹沢山地におけるブナ林の衰退要因として、大気汚染(オゾン)、水ストレスおよび虫害(ブナハバチ)が指摘されている。これまでに水ストレスの要因解明のなかで、衰退地におけるブナの樹液流の実態も調査してきた。その結果、衰退地のブナは、夜間においても樹液流の移動が認められることから過剰な蒸散が存在することが推察された。蒸散を評価するための樹液流の計測はグラニエ法を用いているが、檜洞丸のブナでは樹液流が停止するとされる温度差( $\Delta T$ )の日最大値が平地での計測に比較して著しく変動、変化する。この変動や変化はより正確に樹液流を評価する際の支障となる。このため、樹液流計測の精度を高める目的で、気象(気温、地温)や樹幹温度、樹幹の水分状態を併せて計測することによってグラニエ法の変動や変化の要因について検討した。

(6) 方法

檜洞丸山頂直下に生育するブナ成木(推定樹齢 120 年、DBH: 36cm)を計測対象個体とした。この個体の樹幹に以下の 3 種類の計測センサーを挿入した。すなわち、地上高 25cm、75cm、180cm にグラニエ法センサー(ウイジン製: センサー長 2cm)とフッ素樹脂被膜温度センサー(ティアンドデイ社製の TR-5106: 深度 2.5cm と 5.0cm)、また地上高 50cm と 150cm に水分計(Delta-T 社製シータプローブ ML2x)をそれぞれ設置した。なお、各センサーは、直日射の影響を受けにくい北側の樹幹に設置した。また、気温および地温は計測対象個体から約 15m 離れた気象モニタリングサイトの計測値を用いた。計測期間は 2016 年 8 月 2 日から 2016 年 11 月 8 日に計測間隔 10 分で実施し時間平均値とした。また気温と地温については毎正時 10 分間の平均値を用いた。これらの計測結果からグラニエセンサー出力の変動、変化が著しい期間を抽出して検討した。(図 1 および図 2)

(7) 結果の概要

測定高を変えたグラニエ出力( $\Delta T$ )はいずれも同様な時間変化および日変化を示したことから、対象個体の蒸散の状況を捉えていた。しかし 8 月 15 日から 8 月 31 日にかけての期間で、日最高値の  $\Delta T$  が著しく低下する檜洞丸に特有のグラニエ出力が捉えられた(図 3)。とりわけ、低下傾向が顕著であった地上高 75cm のグラニエ出力について体積含水率との関係を比較した結果、グラニエ出力が低下する 8 月 16 日から 8 月 21 日にかけての期間には、このグラニエセンサーの下部(地上 50cm)に比較して上部(地上 150cm)の体積含水率が高くなっていた。このことから、樹幹の水分状態がグラニエ出力に何らかの影響を与えていることが考えられた(図 4)。グラニエ出力と気温・地温の推移は、日中 20°C 以上の標高 1600m としては高い気温の日があり、これに伴って、地温も 16°C 以上の時間が継続していた(図 5)。グラニエセンサーと同地上高の 75cm での樹幹温度は深度 2.5cm および 5.0cm とほぼ同様な時間変化を示しており、グラニエ出力のとの関係は認められなかった(図 6)。

以上のことから、樹幹の水分状態および地温との関係がグラニエ出力の変動、変化の要因として考えられた。

(8) 今後の課題

衰退地のブナについてより精度の高い樹液流や蒸散を評価するためには、グラニエ出力と樹幹の水分(体積水分率)との関係についてさらに検討を行うとともに、他の計測手法の併用も課題である。

(9) 成果の発表  
なし

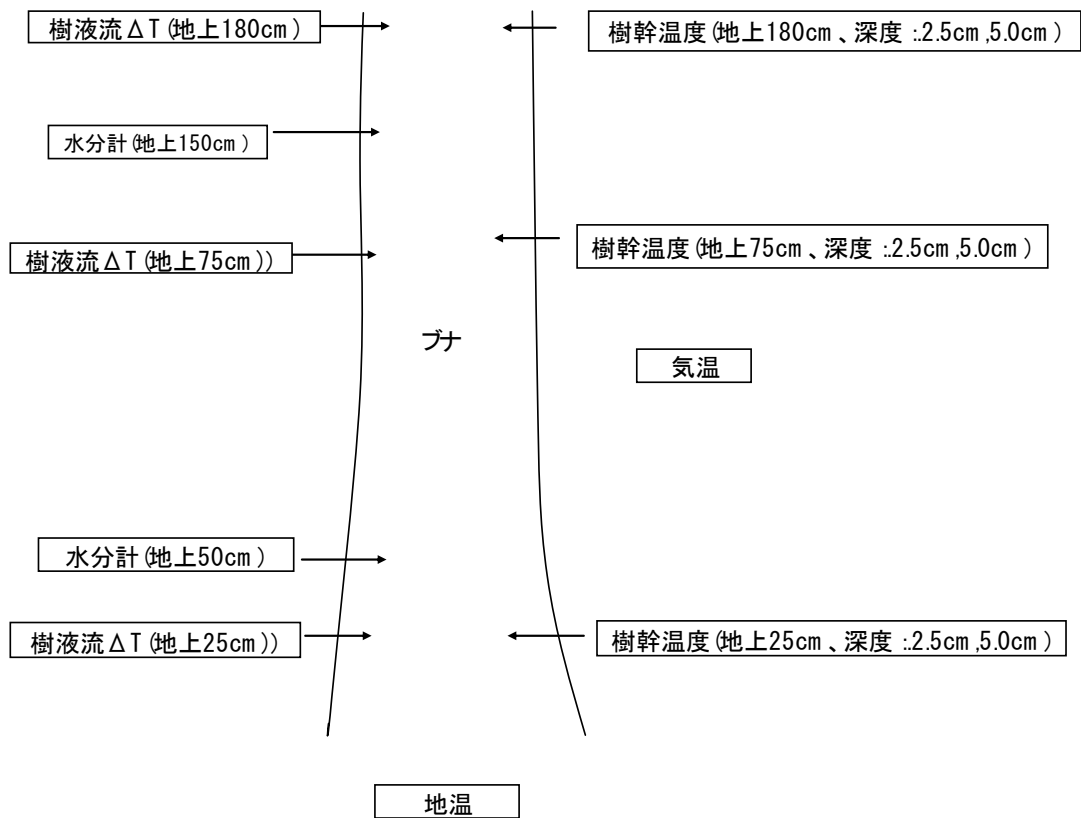


図1 ブナ樹幹への各計測センサーの位置



図2 計測状況の写真

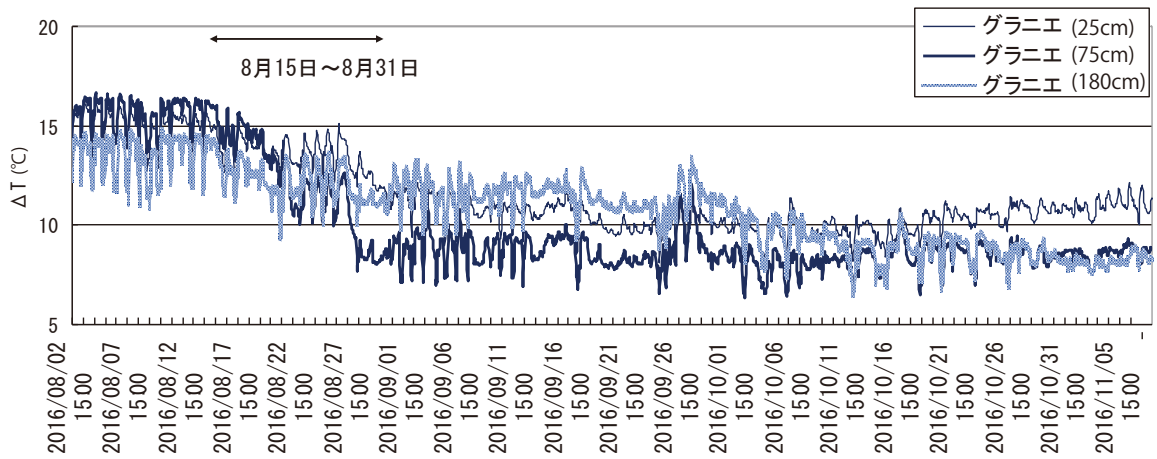


図3 グラニエ出力の推移

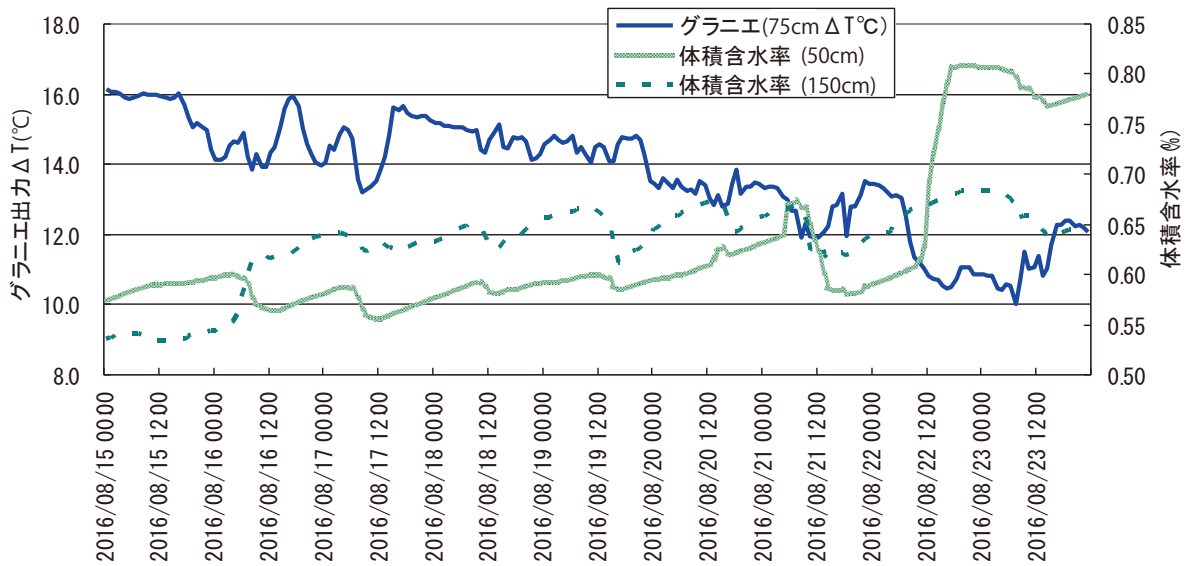


図4 グラニエ出力と体積含水率の推移

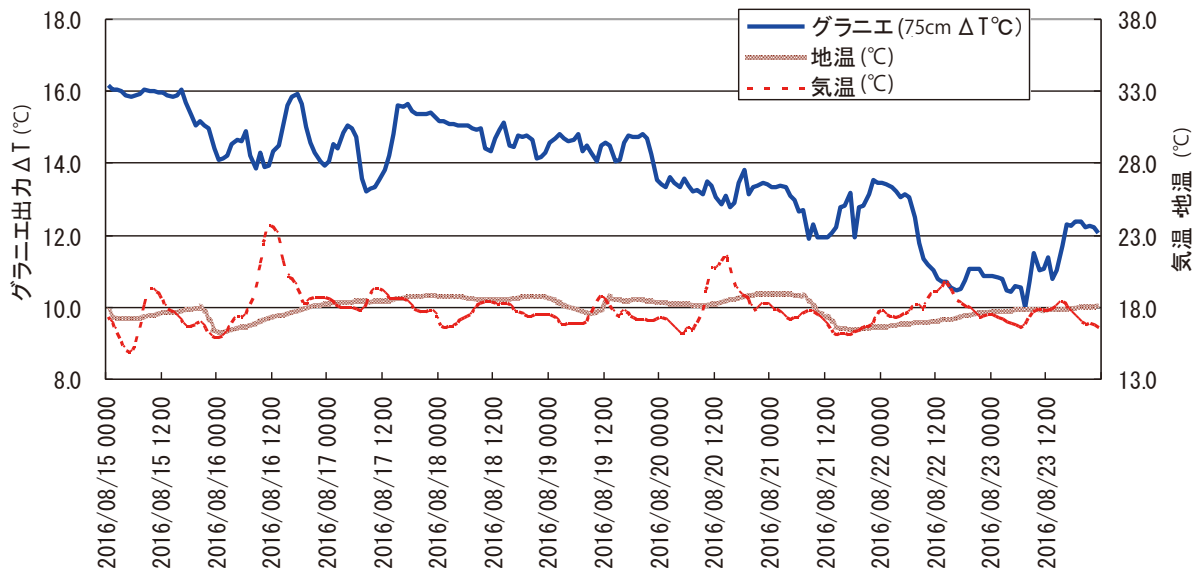


図5 グラニエ出力と気温・地温の推移

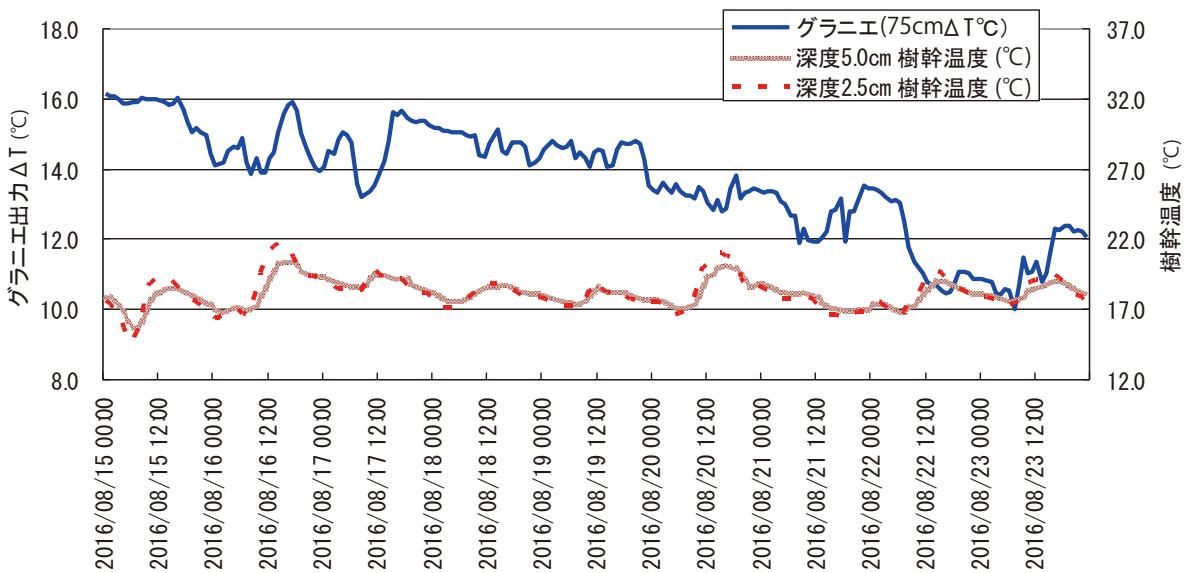


図6 グラニエ出力と地上75cm 樹幹温度の推移



- (1) 丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発  
(1-1) 丹沢ブナ林等の衰退原因解明と再生技術の研究開発

- (1) 課題名 Af. ブナ林立地環境モニタリングー土壤侵食モニタリングー  
(2) 研究期間 平成19～28年度  
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）  
(4) 担当者 内山佳美

## (5) 目的

これまでのブナ林衰退機構解明研究で衰退要因の解明がある程度絞り込まれてきたが、今後はブナ林を再生するための各種対策技術開発や順応的な再生事業を実施するためのモニタリング手法開発も必要である。そこで、ブナ林を中心に再生事業が開始された土壤流出対策について、対策技術の検証・見直しのための対策工のモニタリングと流域スケールで効果を検証するためのモニタリングの手法開発を行う。

## (6) 方法

### ①調査地

東丹沢に位置する清川村宮ヶ瀬堂平地区において、平成17～18年度に自然保護公園部の協力により試験的に施工した土壤保全対策工を対象とした。対策工の設置箇所は、標高1150～1225m、勾配12～41°の南東向きの斜面である。近傍では、平成16年度より土壤侵食量実態調査を行っている。さらに、下流に位置する堂平沢（標高710m地点）、および隣接するワサビ沢（標高710地点）に測定地点を設定した。各測定地点の集水面積は、堂平沢が148.03ha、ワサビ沢が58.75haである。

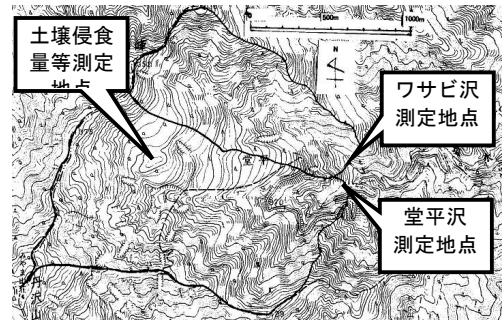


図1 位置図

### ②対策工の効果検証モニタリング

平成17年度（2005年12月）、平成18年度（2006年10月）にそれぞれ32個、34個施工した計53個の各種対策工について、そのうちの土壤侵食量測定施設（侵食土砂の捕捉施設）が設置されている31個（2005年16個、2006年15個）の対策工を対象に、樹冠通過雨量を測定するとともに、各施工の翌年度から冬季（12月～3月）を除いて月に1回程度、土壤侵食量・リター流出量測定とリター被覆面積率及び林床被覆面積率を把握するための写真撮影を行った。土壤侵食量測定施設から回収した土砂とリターは、実験室に持ち帰り洗浄して分離し、105℃で乾燥させて絶乾重量を測定した。さらに一部の土壤試料についてセシウムと鉛の放射性同位体比を測定した。

また、調査地の近傍でブナ林の林外雨量、林内雨量、樹幹流下量を測定し、樹冠遮断損失率を算定し、当該地区の土壤侵食や溪流の直接流出を評価する検討材料とした。

### ③流域スケールの土壤保全効果モニタリング手法開発

堂平地区において、最近のシカの低密度化および林床植生の回復が、山地斜面の土壤侵食および溪流を流下する土砂（浮遊土砂）量に与える経年的な影響を明らかにするため、堂平地区のブナ林内の斜面の土壤侵食と下流の溪流での浮遊土砂流出の関係を把握した。堂平地区のブナ林内と下流の堂平沢、隣接するワサビ沢の各測定地点において、継続して（ただし冬季1～3月を除く）、河川流量、溪流の浮遊土砂量・浮遊土砂濃度を測定し、経年変化について解析した。

本研究は、東京農工大学への受託研究により実施した。

## (7) 結果の概要

主な結果は以下のとおりである。（詳細は、受託研究報告書参照）

### ①対策工のモニタリング結果と評価

施工翌年から10～11年間のモニタリング調査から、土壌保全工の①土壌侵食軽減効果、②林床植生回復効果、③堆積リター量増加効果を検討したところ、次のとおりであった。

・土壌侵食軽減効果に関しては、土壌保全工を施工していない無処理のプロットに対して、土壌保全工を行ったプロットでは全ての工種において、施工の直後から土壌侵食量が急激に減少した。このことから各土壌保全工とも、即効的に土壌侵食量を軽減する効果があることがわかった。さらに経年変化で見ると、経年により土壌侵食量が増加している工種と減少している工種があった。なお、無処理のプロットでも、土壌侵食量は経年により徐々に減少していた。

観測期間である10～11年間の全体の土壌侵食量に関しても、土壌保全工を行ったプロットでは無処理のプロットよりも土壌侵食量は大幅に減少しており、土壌保全工が土壌侵食量の軽減効果を発揮していることが認められた。また、10～11年間の全体の土壌侵食量が最も少なかったのはヤシネット工であり、次いで捕捉ネット工、竹ネット工であった。

・林床植生回復効果に関しては、観測期間である10～11年間において土壌保全工を行ったプロットでは林床植生被覆率は増加しており、土壌保全工が林床植生被覆率の回復に効果を発揮していることが認められた。一方、無処理のプロットにおいても林床植生被覆率は増加の傾向にあり、ある程度の林床植生回復効果を有していることが分かった。全体的な林床植生の回復傾向については、観測期間において、堂平地区のシカの生息密度が減少していることも影響していると考えられる。

2016年5月から11月における、プロットの内側と外側における林床植生被覆率の差から各工種についての林床植生回復効果を検討した。この結果、林床植生回復効果が高かった工種は、第1位が保護柵工であり、第2位はリターロールB工、第3位は竹ネット工であった。

・堆積リター量増加効果に関しては、2016年5月から11月における、プロットの内側と外側における堆積リター量の差から各工種の堆積リター量増加効果を検討した

この結果、堆積リター量の増加効果が高かった工種は、第1位が金網筋工であり、第2位は保護柵工、第3位は竹ネット工であった。

・土壌侵食量軽減効果、林床植生回復効果、堆積リター増加効果を総合的に評価した結果、効果の高い順に、第1位が金網筋工、第2位が竹ネット工、第3位が保護柵工、同点で第3位が捕捉ネット、工金網筋工、第5位がヤシネット工、第6位がリターロール工B、第7位が土嚢工、第8位が木製筋工、第9位がリターロール工Aであった。これらを踏まえて、各対策工は機能面から3ランクに区分できる。

#### (1) 効果大

ヤシネット工、竹ネット工＝伏工：地表面を直接的に覆うことにより土壌侵食を効果的に減少させることができる。

#### (2) 効果中

リター捕捉ネット工、保護柵工、金網筋工＝柵工（高さが比較的高い）：柵によりリターを捕捉し、堆積リターにより土壌侵食を軽減できる。なお、保護柵工はシカの食圧を無くすことにより林床植生の回復による土壌侵食軽減効果もある。

#### (3) 効果小

土嚢工、木製筋工、ロール工B、ロール工A＝筋工（高さが低い）：低い畦（あぜ）によりリターおよび土砂を捕捉し、土壌侵食量を軽減できる。高さが低いため、リターおよび土砂の捕捉機能は低い。

本研究により、土壌保全工の各工種の①土壌侵食量軽減効果、②林床植生回復効果、③堆積リター増加効果、およびこれらの総合的な効果を評価したが、土壌保全工の評価項目としては、他に、④耐久性（維持管理）、⑤景観に与える影響、⑥経済性、⑦施工性などがある。これら項目の検討も必要である。

表1 A群(A1)の土壌保全工効果評価

項目	A群土壌保全工効果評価							
	8	7	6	5	4	3	2	1
土壌侵食量軽減	ヤシネット工	竹ネット工	リター捕捉ネット工	土嚢工	ロール工B	木製筋工	リターロール工A	保護柵
林床植生回復効果	保護柵	ロール工B	リター捕捉ネット工	リターロール工A	竹ネット工	土嚢工	木製筋工	ヤシネット工
堆積リター量	竹ネット工	保護柵	ヤシネット工	木製筋工	リター捕捉ネット工	土嚢工	ロール工B	リターロール工A

表 2 B 群 (B1) の土壌保全工効果評価

項目	B群(B1)土壌保全工効果評価			
	4*2	3*2	2*2	1*2
土壌侵食量軽減	ヤシネット工	リターロールB	竹ネット工	金網筋工
林床植生回復効果	竹ネット工	金網筋工	ヤシネット工	リターロールB
堆積リター量	金網筋工	竹ネット工	リターロールB	ヤシネット工

表 3 B 群 (B2) の土壌保全工効果評価

項目	B群(B2)土壌保全工効果評価			
	4*2	3*2	2*2	1*2
土壌侵食量軽減	金網筋工	ヤシネット工	竹ネット工	リターロールB
林床植生回復効果	ヤシネット工	竹ネット工	金網筋工	リターロールB
堆積リター量	金網筋工	リターロールB	ヤシネット工	竹ネット工

表 4 各土壌保全工の効果の総合評価

工種	A群+B群 (B1, B2) 土壌保全工効果評価								
	ヤシネット工	竹ネット工	リター捕捉ネット工	保護柵工	金網筋工	土嚢工	木製筋工	リターロールB	リターロールA
土壌侵食量軽減	7.3	5	6	1	5	5	3	4	2
林床植生回復効果	4	6	6	8	5	3	2	3.7	5
堆積リター量	4	5.3	4	7	8	3	5	4	1
合計点	15.3	16.3	16.0	16.0	18.0	11.0	10.0	11.7	8.0

②林床植生の回復が斜面土壌侵食量および溪流の浮遊土砂量の経年変化に与える影響

各調査項目の経年的な推移をまとめて表5に示す。便宜的に前年比1.2以上を「増加」、0.8以下を「減少」と判定した。

表 5 各調査項目の経年変化 (括弧内は前年比)

調査項目	測定場所	2010年 →2011年	2011年 →2012年	2012年 →2013年	2013年 →2014年	2014年 →2015年	2015年 →2016年
溪流 浮遊土砂 量	ワサビ沢	増加 (7.67)	減少 (0.44)	増加 (2.13)	減少 (0.45)	減少 (0.76)	不明* (データ欠損)
	堂平沢	減少 (0.31)	増加 (1.90)	減少 (0.68)	減少 (0.79)	減少 (0.49)	不明* (データ不得)
斜面 土壌侵食 量	プロット①	減少 (0.57)	減少 (0.44)	減少 (0.26)	増加 (2.61)	減少 (0.62)	減少 (0.45)
	プロット②	増加 (13.22)	減少 (0.26)	減少 (0.20)	横ばい (1.20)	横ばい (1.02)	減少 (0.77)
	プロット③	増加 (1.99)	横ばい (0.84)	横ばい (1.05)	減少 (0.36)	増加 (1.73)	横ばい (0.82)
降雨量	堂平斜面	増加 (1.23)	減少 (0.79)	横ばい (0.83)	横ばい (1.11)	横ばい (0.99)	横ばい (0.96)
林床植生 被覆率	プロット②	横ばい (1.06)	増加 (1.88)	増加 (1.33)	横ばい (0.87)	増加 (1.49)	横ばい (1.02)

表5から以下の傾向を読み取ることができ、堂平地区全体として、シカの捕獲、植生保護柵、土壌保全対策等の効果が現れていると考えられる。

(1) 林床植生被覆率は経年的に増加傾向にある。

(2) 斜面土壌侵食量は経年的に減少傾向にある。

(3) 溪流浮遊土砂量はワサビ沢では経年的にやや減少、堂平沢では明確に減少傾向にある。

③ブナ林における樹冠通過雨量と樹冠遮断損失率

・林外雨量と林内雨量は比例し、高い相関を示した。林内雨量は林外雨量の約9割であった。樹幹流下量は林外雨量の他に樹木の個体サイズによっても左右され、胸高直径の二乗や樹冠投影面積を用いて樹幹流下量の推定が可能であると考えられた。樹幹流下量は林外雨量の約1.6割（林内雨に対して約1.8割）を示した。そこから推定された樹冠遮断損失量は、10-11月の秋季を除いた観測期間を通してマイナス値を示した。

プロット内で観測された樹幹通過雨量のばらつきは季節変化し、樹冠の着葉・落葉の影響を受けていると考えられた。しかし天空写真による開空度は30%以下および70%以上と2局化したため、樹冠通過雨量と開空度との相関は把握できなかった。

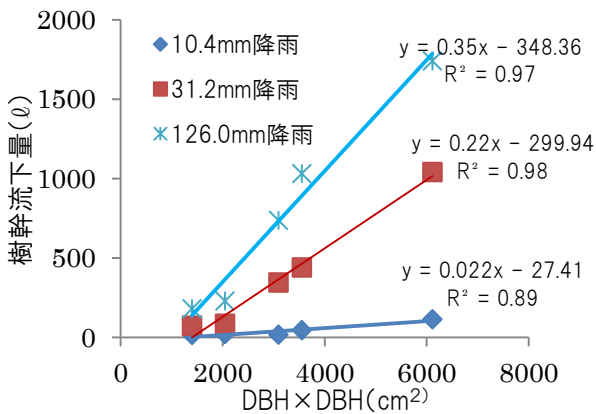


図2 胸高直径二乗と樹幹流下量の関係

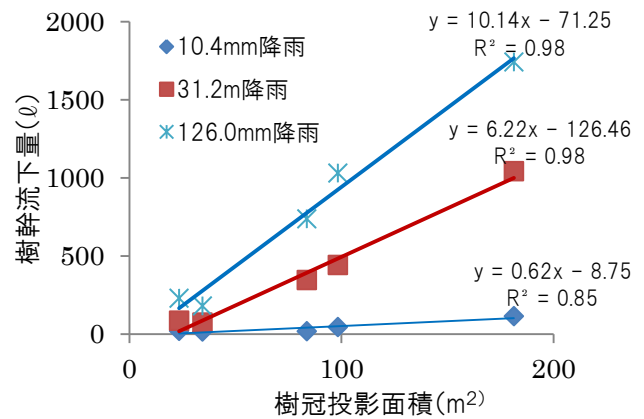


図3 樹冠投影面積と樹幹流下量の関係

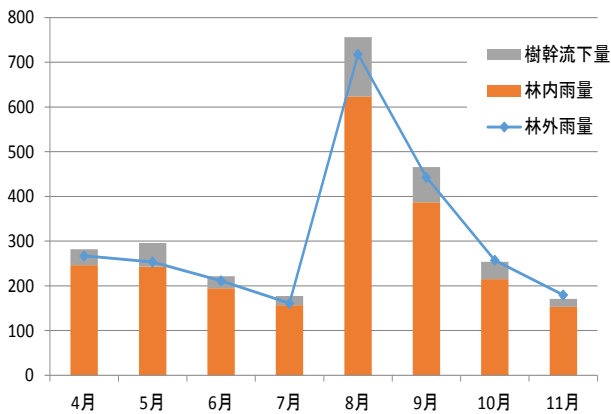


図4 月別の林外雨量、林内雨量、樹幹流下量の関係

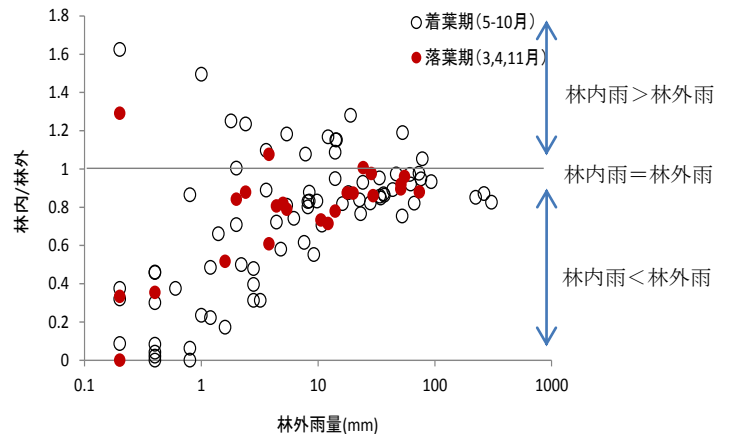


図5 落葉・着葉期別の林外雨に対する林内雨の割合

④土壌侵食量と放射性Csの堆積量の関係

既往の研究におけるCs-137の量から土壌侵食量を求める関係式は、主に耕作地等を対象にしており国内の森林の適用例は少ない。そこで、2011~2016年の土壌侵食量実態調査と各対策工のモニタリング調査における既存プロット毎の土壌侵食量とCs-137量の関係を明らかにした。

・土壌侵食が発生していないと想定されるレファレンスサイトを斜面上部の平坦地とし、2地区、各3地点において表層から深度0~30cmまでの土壌を5cmごとに計6試料採取した。これらの深度別のCs-137量は、いずれの地点も0-5cmで最も多く、ほとんどの地点で深度に伴いCs-137量が減少していた。また、Cs-137量の平面的な分布にばらつきがみられたが、それらと土壌試料の

粒度分布や有機物割合との関係は見いだせなかったことから、Cs-137 量の降下量にばらつきがあったと考えられた。

・既存プロット毎の Cs-137 量は、大部分で 0-5cm の方が 5-10cm より多かった。また、各試験プロット内における位置別の Cs-137 量の分布を見ると、すべての試験プロットで共通した傾向は見られなかったため、それぞれ試験プロット内の土壤侵食の仕方は異なっていたと考えられる。16 個の試験プロットにおける Cs-137 量には、かなりのばらつきがあることがわかった。

・レファレンスサイトとして設定した 6 地点における表層から深さ 0-10cm の Cs-137 量の平均値を基準値とし、各試験プロットの Cs-137 損失率 (%) を求め、土壤侵食深 (mm) との関係求めた。その結果、土壤侵食深と Cs-137 損失率にはある程度の相関が見られ、その式は次式で表される。t 検定を用いて検定した結果、有意差が認められた。(p=0.04<0.05)

$$y=0.0092x^2-0.179x-3.034 \quad \dots (1)$$

ここで、x:Cs-137 損失率 (%), y:土壤侵食深 (mm) である。

このように丹沢堂平地区における土壤侵食深 (土壤侵食量) は、(1) 式により Cs-137 損失率から推定できる可能性が示唆された。ただし、Cs-137 量から土壤侵食量を推定するためには、侵食深が 1 cm を超えるような侵食が激しい箇所、すなわち Cs-137 の損失率が 50% を超えるような場所が適している。また、Cs-137 量の平面的な分布のばらつきは大きいので、精度を高めるにはサンプル採取箇所の数を多くする必要がある。

## (8) 今後の課題

・シカの影響による林床植生衰退地の土壤侵食実態と侵食メカニズム、土壤保全対策の手法開発とその効果検証について、継続的な調査により科学的な知見を得ることができた。また、関連要因として堂平ブナ林の樹冠遮断損失率、土壤侵食量と放射性 Cs の堆積・流出量との関係、堂平沢とワサビ沢の水文特性などについても貴重な測定結果を得ることができた。今後は、これらの得られた知見を丹沢再生や水源環境保全・再生に活用していく必要がある。

・堂平地区一帯の近年のシカ生息密度の減少と林床植生の回復に対する下流での浮遊土砂流出の減少については、概ね把握することができた。各種対策のデータの蓄積された箇所であることから、植生回復の推移等の最低限の基礎的な項目については、今後も長期的に把握していく必要がある。

## (9) 成果の発表

石川芳治ほか (2012) 東丹沢堂平における土壤保全工の土壤侵食軽減効果の評価、神奈川県自然環境保全センター報告、10:23-35

石川芳治ほか (2012) 東丹沢堂平における流域スケールでの土壤保全対策効果の検証、神奈川県自然環境保全センター報告、10:37-45

若原妙子・石川芳治・白木克繁・戸田浩人・宮 貴大・片岡史子・鈴木雅一・内山佳美 (2008) ブナ林の林床植生衰退地におけるリター堆積量と土壤侵食量の季節変化—丹沢山地堂平地区のシカによる影響—、日本林学会誌 90:378-385

初磊・石川芳治・白木克繁・若原妙子・内山佳美 (2010) 丹沢堂平地区のシカによる林床植生衰退地における林床合計被覆率と土壤侵食量との関係、日本林学会誌 92:261-268

Ghahramani A, Ishikawa H, Gomi T, Shiraki K, Miyata S (2011) Effect of ground cover on splash and sheetwash erosion over a steep forested hillslope. A plot-scale study. Catena 85:34-47

海虎・石川芳治・白木克繁・若原妙子・畢力格図・内山佳美 (2012) ブナ林における林床合計被覆率の変化が地表流流出率に与える影響、日本森林学会誌 94、167-174

畢力格図・石川芳治・白木克繁・若原妙子・海虎・内山佳美 (2013) 丹沢堂平地区のシカによる林床植生衰退地における降雨量、降雨係数及び地表流流出量と土壤侵食量との関係、日本林学会誌 95:163-172

(1) 丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発  
A. 大気およびブナハバチのモニタリングとブナ林衰退への影響機構解明

- (1) 課題名 Ag. ブナハバチ成虫モニタリング  
(2) 研究期間 平成24～28年度  
(3) 予算区分 県単（特別会計：丹沢大山保全再生対策）  
(4) 担当者 谷脇 徹

(5) 目的

丹沢山地の高標高ブナの衰弱・枯死原因となるブナハバチの葉の被食量を軽減するには、幼虫による葉の被食量を事前に予測し、効率的に防除を実施する必要がある。葉の被食量には、産卵期にあたるブナ展葉期における黄色の衝突板トラップによる雌成虫捕獲量が反映されることが示唆されている（谷脇ら 2013）。そこで 2016 年は、丹沢山地 6 地点で黄色の衝突板トラップにより雌成虫捕獲量を調査するとともに、2007 年、2011 年、2013 年と大規模な被食が発生し、ブナ展葉フェノロジー調査を実施している檜洞丸では、調査を開始した 2010 年以降の展葉期の雌成虫捕獲量を比較し、当年の被食量の予測を試みた。調査は（株）CTI アウラへの委託で行った。

(6) 方法

丹沢山、天王寺尾根、檜洞丸、大室山、菰釣山および三国山を調査地とした。成虫捕獲用のトラップには黄色のサンケイ式昆虫誘引器を用いた（図 1）。トラップの設置数は 5 個ずつとした。設置場所は尾根筋に沿って設定した 20m 間隔地点から最寄りの林冠ギャップの日当たりのよい場所であり、設置高さは地上高 1.5m とした。トラップ下部のバケツには中性洗剤入りの水溶液を入れた。トラップの設置期間は 4 月上旬～7 月上旬とし、およそ週 1 回の頻度で捕獲昆虫を回収し、丹沢山、天王寺尾根、檜洞丸ではブナの展葉フェノロジーを調査した。

(7) 結果の概要

2016 年の雌成虫捕獲数は地点により平均で 1～116 個体であり、2012 年以降、天王寺尾根では 2 番目に少なく、それ以外では最も少なかった（表 1）。檜洞丸において 2010 年以降の産卵期にあたる展葉期の雌成虫捕獲数を比較したところ、小～中規模の被食が発生した 2010 年、2012 年、2014 年より少なく、卵密度も同様にいずれの年よりも小さかった（表 2）。これらから 2016 年は小規模の被食が予測され、実際の被食程度も小規模であった。この予測を踏まえ、大発生時に予定していた緊急防除は実施しなかった。

(8) 今後の課題

なし

(9) 成果の発表

なし



図1 黄色の衝突板トラップ

表1 2012～2016年の黄色の衝突板トラップによる全期間の雌成虫捕獲数（平均±標準偏差）

	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
丹沢山	82±40	237±119	73±38	399±183	36±26
天王寺尾根	12±10	54±30	8±5	37±19	14±10
檜洞丸	394±133	1,060±510	305±69	540±185	116±62
大室山	191±99	643±519	145±80	544±253	93±92
菰釣山	10±10	46±35	7±7	34±54	5±7
三国山	2±2	1±1	0±1	1±1	0±0

表2 檜洞丸における展葉期のブナハバチ雌成虫捕獲数と産卵密度（平均±標準偏差）

項目	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
展葉中の雌成虫捕獲数（個体）	92±38	226±87	93±29	451±234	95±32	151±30	56±24
産卵密度（個／100葉）	24±30	35±31	23±16	80±71	20±19	81±88	12±12
予測				大	小～中	中～大	小
実際の食害規模	中	大	小	大	小	中	小

(1) 丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発  
A. 大気およびブナハバチのモニタリングとブナ林衰退への影響機構解明

- (1) 課題名      Ah. ブナハバチ繭モニタリング  
(2) 研究期間    平成24～28年度  
(3) 予算区分    県単（特別会計：丹沢大山保全再生対策）  
(4) 担当者      谷脇 徹

(5) 目的

ブナ葉食昆虫のブナハバチは丹沢山地の高標高域におけるブナ林の衰退原因の一つと考えられている。ブナハバチの幼虫が大量発生すると多くのブナが失葉し、複数回の失葉を経験したブナにおいて衰弱や枯死症状が生じるためである。このことから、ブナハバチの葉食被害の軽減に向けた防除技術の開発が求められている。

防除には潜在的な被食発生リスクを被食発生前に事前に評価する必要がある、これには繭モニタリングが適していると考えられている（谷脇ら、2012）。ただし、大規模な被食は繭の密度が高くて毎年発生する訳ではなく突発的に生じる傾向があるため、繭密度は年次で変動することが予想される。このことから、潜在的な被食発生リスクを評価するには長期にわたり継続して繭モニタリングを実施する必要がある。

そこで引き続き、三国山、菰釣山、大室山、檜洞丸および丹沢山の定点で繭密度調査を実施した。

(6) 方法

各地点のブナ密度の高い林分の林床に 20m×20m のコドラートを設定し、コドラート内を 5m 間隔に区切った 9 箇所格子点を土壌採取箇所として設定した（図-1）。2016 年の 10～12 月に、各地点コドラートの各箇所において、リターを除去後に幅 15 cm×奥行き 15 cm×深さ 2 cm の土壌を採取した（図-2）。採取箇所数は A、C、E、G、I の 5 箇所とし、これら箇所が枯死によりギャップ内に位置するようになった場合は他の箇所に変更した（図-1）。採取土壌を持ち帰った後、繭のソーティングを行い、土壌内に含まれる繭数を計測した。なお、ここでは繭内部での生死や、繭の穴の有無などの状態に関係なくすべての繭を計測している。

(7) 結果の概要

食害の規模が小さい三国山では、繭密度がこれまでと同様に低密度で推移した（図-3）。一方、菰釣山ではこれまで低密度で推移していたが 2015 年に 124 個/m<sup>2</sup>を記録し、今後の上昇傾向が危惧されたが、2016 年には 53 個/m<sup>2</sup>に低下した（図-3）。

大規模な食害が発生する大室山、檜洞丸、丹沢山では繭密度が高密度で推移しているが、2016 年はこれまでで各地点とも最も高密度を記録した 2015 年より低下した（図-3）。低下の程度は檜洞丸と大室山で大きく、檜洞丸が 1,004 個/m<sup>2</sup>から 427 個/m<sup>2</sup>に、大室山が 658 個/m<sup>2</sup>から 196 個/m<sup>2</sup>に低下した。丹沢山では 489 個/m<sup>2</sup>から 436 個/m<sup>2</sup>と低下の程度は小さかった。繭密度が低下しても高い水準が維持されていることから、今後とも被食発生リスクを低下させる取り組みが必要となる。

(8) 今後の課題

なし

(9) 成果の発表

なし



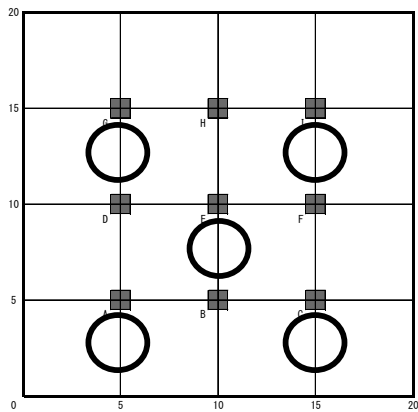


図1 コドレート内の土壌採取箇所図

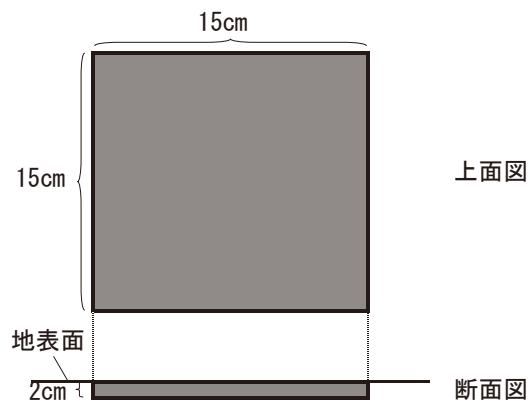


図2 土壌採取方法

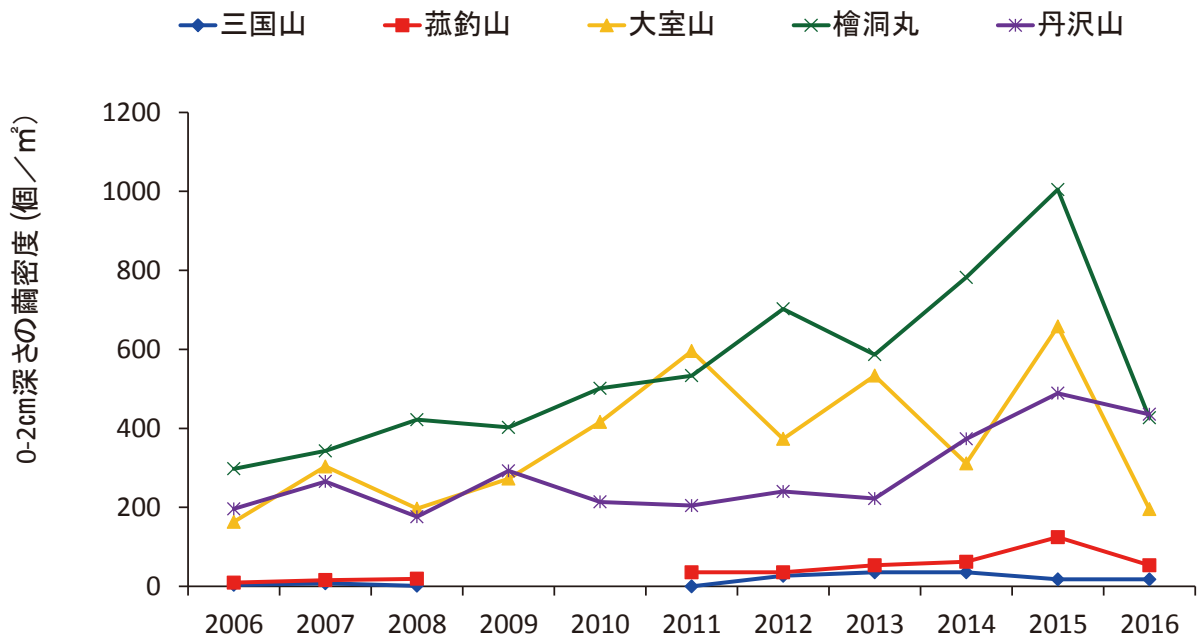


図3 定点における0-2cm深さのブナハバチ繭密度の年次変動

(1) 丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発  
B ブナ林生態系の再生技術の改良

- (1) 課題名 Ba. 大規模ギャップ森林再生試験  
 (2) 研究期間 平成24年度～  
 (3) 予算区分 丹沢大山保全・再生対策事業費（ブナ林等の調査研究費）  
 (4) 担当者 田村 淳・谷脇 徹・三橋正敏

(5) 目的

平成 18 年度から継続実施しているブナ林再生試験では、ブナが衰退している 7 か所に天然更新試験地と 3 か所に植栽試験地を設定して、光環境と散布種子量、更新木、林床植生を調査してきた。天然更新の調査から、シカの多少に関わらずギャップが大きいと散布種子量は少なく、ミヤマクマザサ等が繁茂して実生が定着しないことがわかってきた。植栽木の追跡調査から、植栽木の生存率は丹沢山のサワグルミを除き高いこと、ブナの樹高成長は他の樹種と比較して緩やかであることがわかってきた。現地から採取した埋土種子の発芽試験からは、土壤中にニシキウツギなどの低木種の種子が含まれていた。

平成 28 年度は、ブナ等樹木が集団で枯死した場所と戦前から草原であった場所の 2 か所を含む計 3 か所において森林再生の可能性を検討するために、更新木や植生を調査した。調査は新日本環境調査㈱に委託して実施した。

(6) 研究方法

①調査地

本課題の試験地は、丹沢大山国定公園特別保護地区内の 3 か所である（表 1）。このうち、竜ヶ馬場と不動ノ峰は上層木がないササ草原となっている。各調査地は柵内外の試験区をセットとして 2m 四方枠が 10 個ある。

表 1 調査地の概要

	堂平	竜ヶ馬場	不動ノ峰
ギャップ	小	大（ササ草原）	大（ササ草原）
試験区数（柵内外）	1.5セット	2セット	2セット
標高（m）	1,190	1,500	1,510
林床植生型	スズタケ退行	ミヤマクマザサ	ミヤマクマザサ
調査開始年	2007	2012	2012
植生保護柵設置年	2006	2010	2013
植栽木調査	○(2006-)	—	—
天然更新木調査	○(2007-)	○(2012-)	○(2012-)
種子散布量調査	—	—	—
種子播種	—	○(2013-)	○(2013-)
ササ刈取り	—	○(2013-)	○(2013-)

( ) 内は年号

②調査方法

各調査地の 2m 四方枠で、植生と更新木、光環境を調査した。植生では、およそ高さ 1.5m 以下を草本層として全体の植被率と出現種の被度・群度、ササの最大稈長(cm)を測定した。更新木調査では、高木性樹木の稚幼樹について、5cm 以上の個体の脇にナンバリングテープ付針金を設置して樹高（鉛直高）を 1cm 単位で測定した。光環境調査では、5 地点で高さ 1m のところで魚眼レンズ付デジタルカメラで天空写真を撮影した。植生調査は 7～8 月に、更新木調査は 9 月に実施した。またササ草原の 2 か所では、柵の有無とササ刈取りを組み合わせた試験区を設定して

(8 パターン)、当年生の実生の発生状況を 6 月に、実生と稚樹の生残を 9 月に調査した。堂平では、植栽木の生残と樹高を調査した。

## (7) 結果の概要

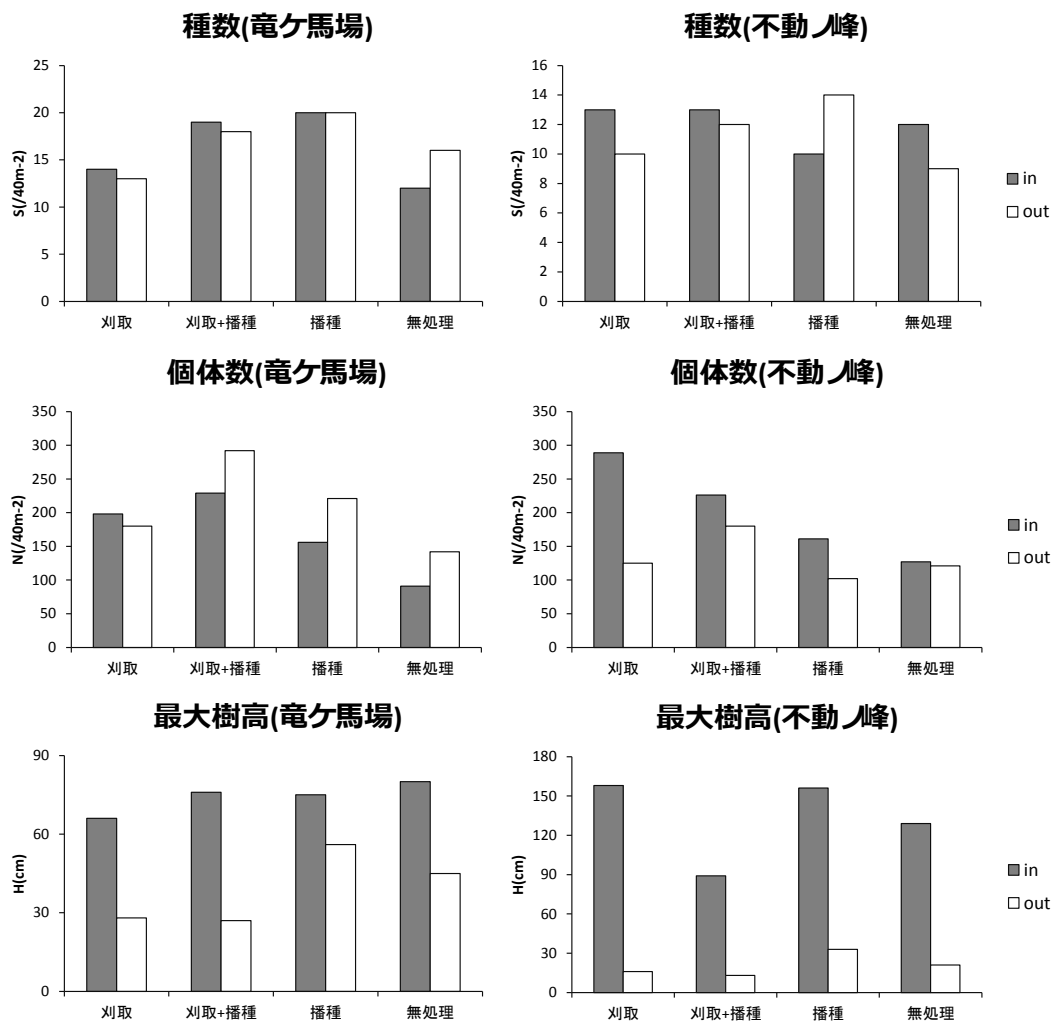


図 1 ササ草原 2 か所での更新木の種数と個体数、最大樹高

ササ草原である竜ヶ馬場と不動ノ峰の 2 か所の調査から、当年生実生を含む高木種と小高木種の稚樹の種数と個体数については処理による明瞭な差異は無かった。最大樹高では 2 か所ともに柵内で高かったが、処理の差異は無かった。各処理区で樹高の高かった樹種は、竜ヶ馬場の柵内の 4 処理区ともにユモトマユミ、柵外ではマメグミ、ニシキウツギ、ユモトマユミであった。不動ノ峰の柵内では 4 処理区ともにニシキウツギ、柵外ではユモトマユミ、ミヤマイボタ、カマツカであった。以上の結果から、播種や刈取をしなくてもシカの採食影響を排除すれば、ササ草原はユモトマユミやニシキウツギなどの小高木や低木の森林に推移すると考えられた。

## (8) 今後の課題

- ・ 継続調査

## (9) 成果の発表

- ・ 田村 淳・谷脇 徹・井田忠夫・中西のりこ・吉田直哉 (2016) 植生保護柵を用いた丹沢のブナ等冷温帯森林の再生. 神奈川県自然環境保全センター報告 14:67-73.

(1) 丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発  
B. ブナ林生態系の再生技術の改良

- (1) 課題名 Bb. ブナハバチ等の葉食昆虫防除試験  
 (2) 研究期間 平成24～28年度  
 (3) 予算区分 県単（特別会計：丹沢大山保全再生対策）  
 (4) 担当者 谷脇 徹・相原敬次・齋藤央嗣・西口孝雄

(5) 目的

丹沢山地の高標高域ではブナハバチの食害によるブナの衰弱・枯死が進行しており、被食の軽減対策が求められている。対象地域は丹沢大山国定公園の特別保護地区などの自然度が高い原生林のため、環境負荷が小さく、効率的・省力的な防除法の開発が求められている。平成28年度は現地の成木における薬剤の樹幹注入試験を、長野県林業総合センター、サンケイ化学株式会社との共同研究により実施した。2015年と同一ブナにおいて薬剤の樹幹注入試験の連年施用を行うとともに、新たに約30本のブナにも薬剤を注入し、防除事業への展開の可能性を検証した。本試験は、長野県林業総合センター、サンケイ化学株式会社との共同研究により実施した。

あわせて、神奈川県希少樹種であるシウリザクラ（絶滅危惧IB類）を枯死・衰弱させる葉食昆虫サクラスガについても薬剤の樹幹注入試験を実施した。本試験は東海大学の谷晋教授、桜美林大学の伴野英雄教授との共同研究により実施した。

(6) 方法

1. ブナハバチ

薬剤（ジノテフラン 8%液剤、製品名ウッドスター）の注入は、食害影響で衰退が進む檜洞丸において、2015年と同一ブナにおいて薬剤の樹幹注入試験の連年施用を行う（表1、図1）とともに、防除実証試験として新たに約30本のブナにも薬剤を注入し（表2）、防除事業への展開の可能性を検証した。

表1 薬剤注入の試験区と供試木（ブナ）

注入時期	試験区	本数	DBH(cm)
展葉前 (5/7)	15cm間隔区	5	30～64
	25cm間隔区	5	32～66
	対照区(水)	3	33～48
展葉後 (5/24)	15cm間隔区	5	26～77
	対照区(水)	2	32～33



図1 ブナの薬剤注入

表2 事業化に向けた防除実証試験

注入時期	試験区	本数※	DBH(cm)
展葉前 (5/2)	15cm間隔区	13	21～82
	25cm間隔区	14	26～80
	対照区(無処理)	25	14～83

※枯死木(15cm区:昨年1本+当年1本、25cm区:当年1本)は除外  
 注入木での当年枯死の割合(2本/29本)は周辺木(9本/473本)と  
 有意差なし(P>0.05、Fisher検定)

## 2. サクラスガ

薬剤の注入は、食害影響で衰退が進む堂平において、展葉が完了した2016年5月29日に実施した(図2)。対象木は糸で葉が綴られた巣数が20以上の5個体(注入区3個体、対照区2個体)を選定した(表3)。6月26日に5巣ずつを採取して持ち帰り、追加飼育して成虫になるまでの死亡率を調査した。



図2 シウリザクラの薬剤注入

表3 薬剤注入の試験区と供試木(シウリザクラ)

試験区	個体 No.	直径 (cm)	周囲長 (cm)	注入量 (ml)	注入孔数 (箇所)	1箇所あたり 注入量(ml)	5/29コロニー 数
注入区	C087	20	63	24.0	4	6.0	43
	C090	28	88	33.6	5	6.7	48
	C094	24	75	28.8	5	5.8	63
対照区(水)	C089	27	85	32.4	5	6.5	31
	C091	29	91	34.8	6	5.8	22

## (7) 結果の概要

### 1. ブナハバチ

薬剤の注入による死亡率は、展葉前注入が89~100%、展葉後注入が91~100%と高く(図2)、葉食害は10%以下に抑えられた。衰弱木でも樹体影響なく高い防除効果が確認され、現地のブナ成木にも適用できることが示された。予防的防除(展葉前)と大発生予測時の緊急防除(展葉後)のいずれにも適用できると考えられる。

防除実証試験では、注入にかかる作業時間は15cm間隔区と比較して25cm区のほうが3割程度短縮された(図3)。一方で食害の回避・軽減効果は15cm間隔区と25cm間隔区で差はなかった(図4)。

以上より、薬剤注入はブナハバチに対して高い防除効果を期待できる一方、効果を樹体内に限定し、樹体影響が軽微なことから自然公園特別保護地区でも適用可能性は高い。

### 2. サクラスガ

死亡率は、対照区が29~42%であったのに対して、注入区が96~100%と高かった(図5)。注入区では葉の変色や萎凋症状、樹皮異常などの薬剤の影響はみられなかった。サクラスガ対策においても本手法を適用できる可能性がある。

## (8) 今後の課題

事業化に際しては、25cm間隔区のように防除効果を維持しながら樹体影響を低減し、作業の省力化を図りつつ、ブナを直接利用する昆虫や天敵などに影響がないか検出できるモニタリング体制が必要となる。

## (9) 成果の発表

谷脇徹・鶴田英人・猪野正明・西口孝雄・齋藤央嗣・相原敬次・柳澤賢一・岡田充弘(2017) ブナ林での薬剤樹幹注入によるブナハバチ防除実証試験. 第128回日本森林学会大会学術講演集 p606.

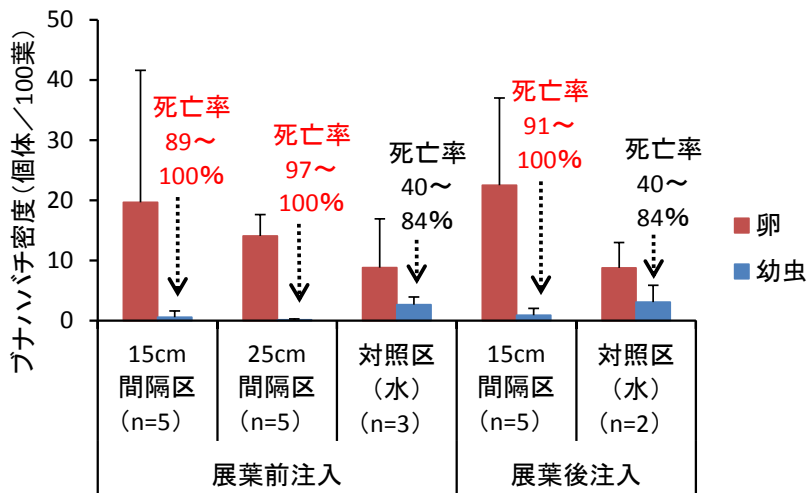


図2 薬剤注入木におけるブナハバチの卵と幼虫密度

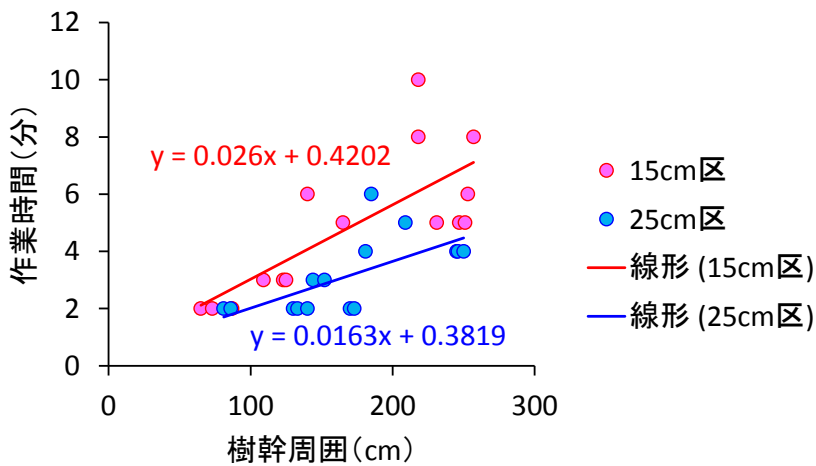


図3 樹幹周囲と注入作業時間

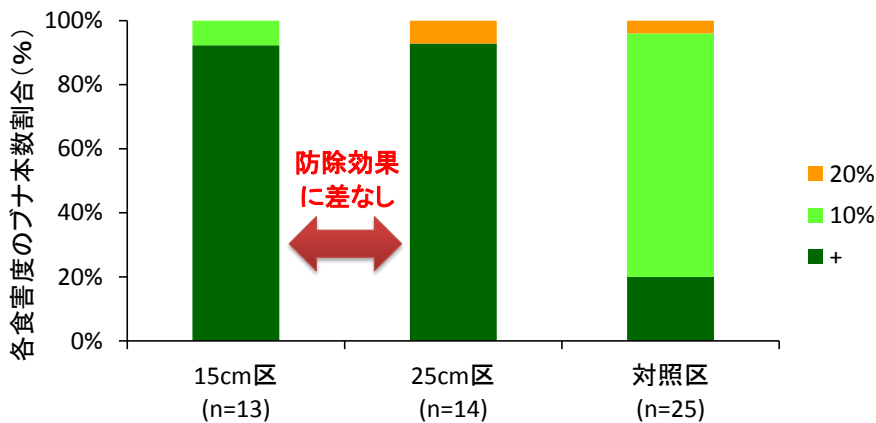


図4 防除実証試験における各試験区の食害木の割合

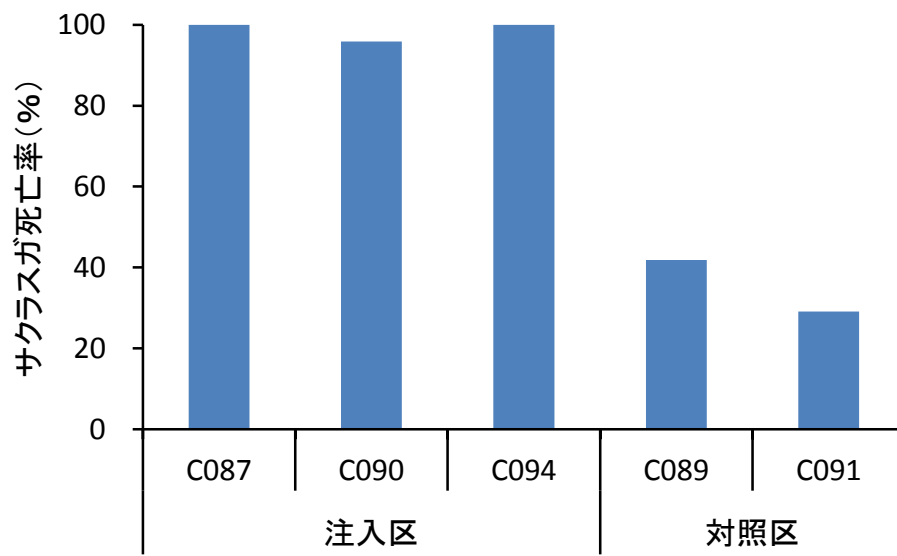


図5 薬剤注入木におけるサクラガ死亡率

(1) 丹沢大山の自然環境モニタリングと再生技術開発  
B. ブナ林生態系の再生技術の改良

- (1) 課題名 Bc. 丹沢山地森林変遷解析  
(2) 研究期間 平成24～28年度  
(3) 予算区分 県単（特別会計：丹沢大山保全再生対策）  
(4) 担当者 谷脇 徹・山根正伸

(5) 目的

丹沢山地のブナ林における衰退リスクを可視化することで保全対策の効果的実施に寄与することを目的として、衰退要因による影響評価を行い、統合的なブナ林衰退リスクの評価手法を検討した。解析は酪農学園大学の鈴木透准教授との共同研究として行った。

(6) 方法

作成手順を図1に示す。まず森林が草地化した衰退実態を把握するため、1970年代から2010年代にかけての草地の分布マップを比較し、衰退変遷マップを作成した。次に衰退要因把握として、オゾン、水ストレス、ブナハバチの各リスク要因マップを作成した。これらマップについての衰退地特性解析を踏まえ、衰退リスクマップを作成した。

(7) 結果の概要

土地被覆の変遷パターンをみると、1970年代から2010年代にかけて森林が草地化した地点は蛭ヶ岳から丹沢山・竜ヶ馬場にかけての稜線部と、檜洞丸山頂付近を中心に分布していることが分かる(図2)。

リスク要因マップとして、オゾンは斎藤ら(2013)の気孔取込み量 POD1、水ストレスは土壌水分指標の TWI、ブナハバチは2011年、2013年、2015年の中～大発生時の食害木の位置を元に作成した(図3)。

土地被覆の変遷とオゾンおよび水ストレスと地形要因で衰退地特性解析を行い、環境衰退リスクを評価したうえで、ブナハバチの食害リスクを重ね合せた衰退リスクマップを作成した(図4)。このマップは、再生手法を検討したうえで、ブナ林再生対策マップの作成に活用できる。

(8) 今後の課題

なし

(9) 成果の発表

なし

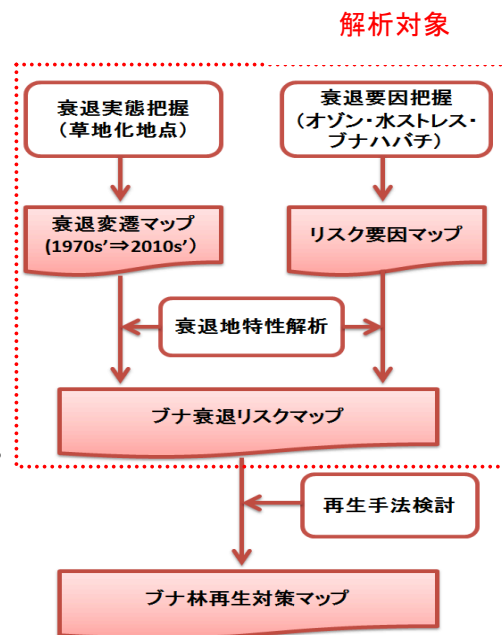


図1 作成手順フロー



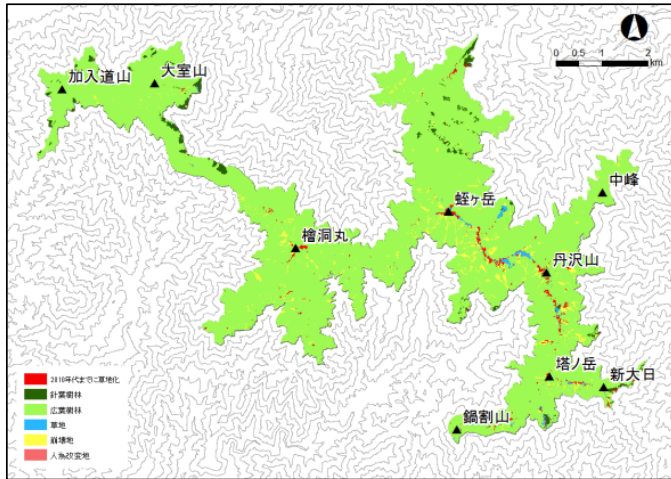


図2 衰退変遷マップ

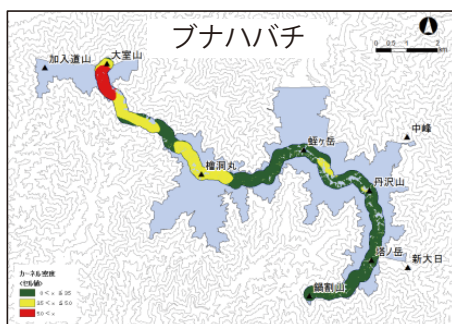
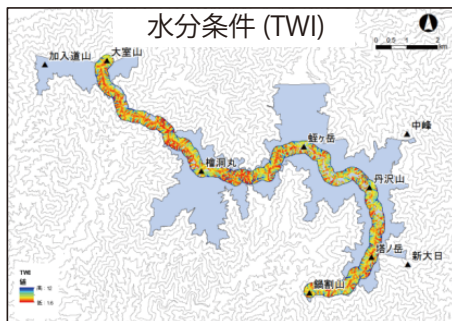
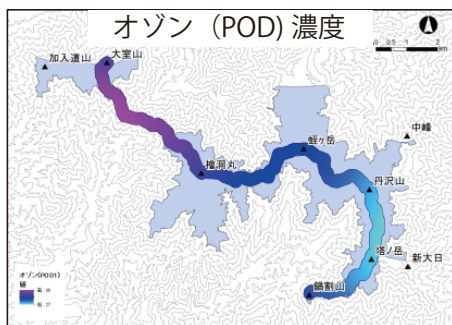


図3 リスク要因マップ

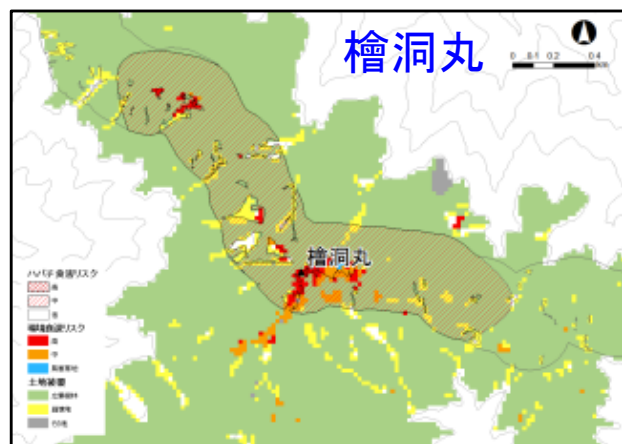
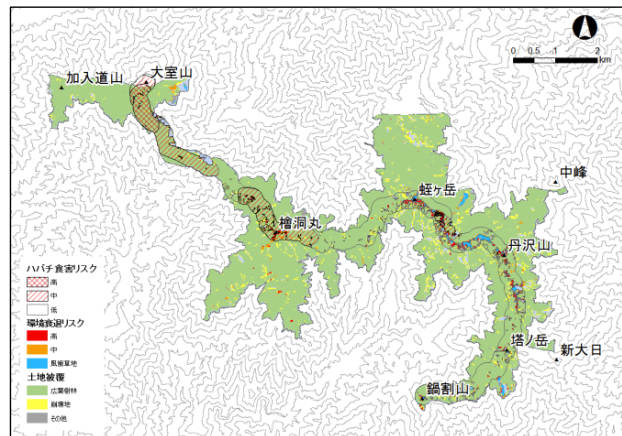


図4 衰退リスクマップ

2 水源林など公益性の高い森林再生技術開発  
 (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発  
 A 水源林の施業技術の改良

- (1) 課題名 Aa. 水源林整備地モニタリング  
 (2) 研究期間 平成 19 年度～  
 (3) 予算区分 水源林整備事業費（特別会計）  
 (4) 担当者 田村 淳・内山佳美・西口孝雄

(5) 目的

本課題の目的は、水源林整備事業の実施地における施業による下層植生の増加を検証することである。平成 28 年度は、これまでと同様に整備事業地の植生モニタリングとセンサーカメラを使ったシカの生息状況調査を行った。現地調査はすべて新日本環境調査(株)に委託して行った。

(6) 方法

調査内容は、①植生モニタリングと②シカの生息状況調査である。①は 13 か所 24 試験区（プロット）、②は①と同じ 13 か所で行った（表 1）。H28 年度の調査箇所の林相は、9 か所の 10 試験区が針葉樹人工林（スギ、ヒノキ）、残り 4 か所の 14 試験区が広葉樹林である。

調査方法は、①では光環境と植生を調査した。②では各か所にセンサーカメラを 2 台設置して、9 月上旬から 11 月下旬までの 3 ヶ月間に撮影される動物を記録した。なお、①の植生モニタリングは 2007 年度（H19）に試験区を設定し 2011 年度に調査したか所の再調査である。

解析では、過去 5 か年分（H24～H28）をまとめて、整備から 3 回調査した下層植生データの解析結果を示した。

表 1 2016 年度（H28）調査地一覧

No.	管内	契約地No.	場所	林相	柵の有無	調査 区数	試験 区数	調査項目						
								植生	更新木	現存量	光環境	土壌移動	シカ生息	
1	県央	H16-分-09	藤野町佐野川川本	スギ	無	1	1	○	○	○	○	21	○	
2	県央	H15-協-28	相模湖町小原	ヒノキ	無	1	1	○	○	○	○	21	○	
3	県央	H15-協-21	津久井町青野原三ノ谷	広葉樹	○	2	4	○	○	○	○	21	○	
4	県央	H10-協-12	津久井町鳥屋松茸山	広葉樹	○	1	2	○	○	○	○	21	○	
5	県央	H17-協-09	清川村宮ヶ瀬	スギ	○	1	2	○	○	○	○	36	○	
6	湘南	H15-協-01	伊勢原市日向	広葉樹	○	2	4	○	○	○	○	36	○	
7	湘南	H15-協-03	秦野市菩提字小玄台	広葉樹	○	2	4	○	○	○	○	36	○	
8	県西	H14-協-19	山北町向原	ヒノキ	無	1	1	○	○	○	○	21	○	
9	県西	H15-分-08	山北町平山 1	スギ	無	1	1	○	○	○	○	36	○	
10	県西	H15-分-09	山北町平山 2	ヒノキ	無	1	1	○	○	○	○	36	○	
11	県西	H17-立-01	小田原市久野 1	ヒノキ	無	1	1	○	○	○	○	36	○	
12	県西	H17-立-02	小田原市久野 2	ヒノキ	無	1	1	○	○	○	○	36	○	
13	県西	H17-分-07	小田原市久野 3	ヒノキ	無	1	1	○	○	○	○	36	○	
								24				鉄筋数21	9	プロット
												鉄筋数36	15	プロット

## (7) 結果の概要

### ア 光環境

第1回目の開空度（整備直後）は地域と林相によらず10%程度であり、小仏・箱根のスギ・ヒノキ林ではやや増加傾向を示したが、丹沢では低下傾向にあった（図1）。小仏・箱根で増加したのは、5プロットのうち2プロットであり、これは2回目の整備により光環境が改善したことによる。丹沢では林冠が閉鎖しつつあると考えられた。

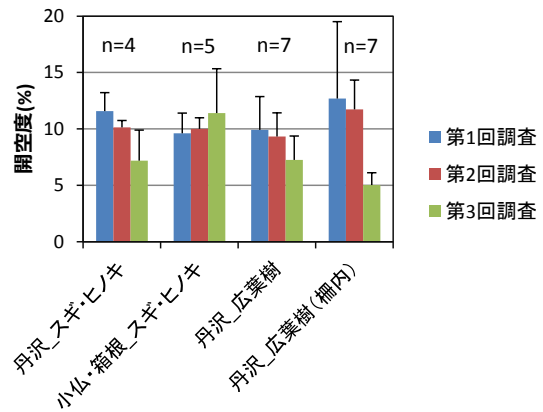


図1 3時点における開空度の変化

nはプロット数（13地点計23プロット）  
縦棒は標準偏差、横軸の地域と林相の区分において、植生保護柵内の場合は括弧内に「柵内」と示した。

### イ 下層植生の植被率

草本層の植被率は、丹沢と小仏・箱根のスギ・ヒノキ林の両方で第1回調査から第2回調査で増加する傾向を示し、丹沢では有意差が認められた（図2）。第2回調査と第3回調査の植被率は同程度であった。このことから、植被は定常状態に達したと考えられた。

一方、広葉樹林では時点間の大きな変化はなく、植生保護柵内の植被率は柵外よりも高かった。シカの影響の有無を反映した結果といえる。

### ウ 下層植生の現存量

現存量は3時点でばらつきが大きく、傾向を見いだせなかった。

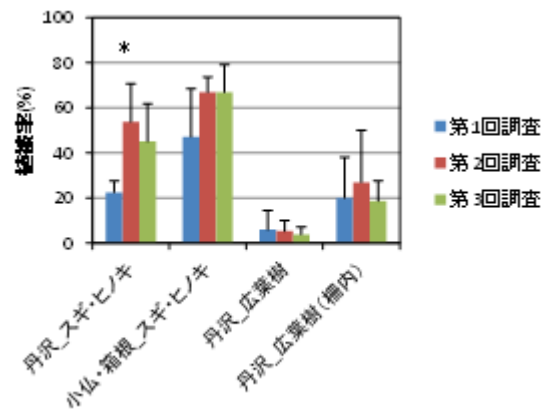


図2 3時点における草本層植被率の変化（プロット数と縦棒、横軸は図25と同じ）

\*第1回調査と第2回調査で有意差あり（クラスカル・ウォリス検定とシェフェ検定、 $p=0.0204$ ）

### エ 更新木

多様な広葉樹が林内に侵入していることがわかったが、樹高30cm以上の稚樹は40m<sup>2</sup>あたり3~12本程度しかなく、とくに、シカの影響を受けている丹沢山地では他の地域よりも本数が少なかった。

プロットの最大樹高をみても、小仏・箱根、または丹沢山地の植生保護柵内では稚樹が1m前後になっていたが、丹沢の柵外では大きくても40cm未満であった。

## (8) 課題

シカの生息地においても間伐による下層植生の増加について実証することができたことから、今後のモニタリングでは林相の推移に焦点を合わせて林分構造を調査する。

## (9) 成果公表

- 『水源林整備の手引き 改訂版』（2017）神奈川県環境農政局緑政部水源環境保全課発行

- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発  
(2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発  
B. 対照流域法による総合モニタリング

- (1) 課題名 B. 対照流域法による総合モニタリングー総括ー  
(2) 研究期間 平成19～28年度  
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）  
(4) 担当者 西口孝雄・内山佳美・横山尚秀・大平充

### (5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画（第1期：H19～23、第2期：H24～28）では、施策の効果を検証するための「水環境モニタリング」が計画されている。本研究課題は、その中でも森林で行われる事業を対象として、対照流域法等の研究手法を用いて水源かん養機能にかかる事業実施効果を流量等の観測により検証し県民に情報提供することを目的とする。

### (6) 方法

県内の水源の森林エリアの4箇所（東丹沢大洞沢、相模湖貝沢、西丹沢ヌタノ沢、南足柄フチギリ沢）に設定した各試験流域において、自然特性および水源環境の課題を踏まえて設定したそれぞれのモニタリングのねらいに従って、森林や溪流における各モニタリング項目のデータを取得した。

ここでは、プロジェクト全体にかかる研究推進業務について報告し、各試験流域における調査結果、水循環モデルによる予備解析、観測施設の保守・改良等の具体的な実施内容については、別途個別に報告する。

#### ① プロジェクト推進にかかる会議・打合せの実施

プロジェクト推進に関する調整やモニタリング結果の検討を行うために、会議・打合せを行った（表1）。プロジェクトの全体会議を1回、より専門的な検討を行う分野別部会を3回、その他各種検討・打合せを7回実施した。特に分野別部会では丹沢の流域スケールの土壌保全効果、水生生物の実態調査結果の総合解析についての検討を進めた。

#### ② 職員を対象とした研修会の開催

専門的知見や最新のモニタリング成果の普及のため、職員向けの研修会を3回開催した。

#### ③ 対照流域モニタリングのポータルサイトの開設・更新

取組み紹介や研究報告等の公開に関して、これまで県のホームページ内でも分散して掲載されていた。このため、平成28年5月に新たに研究連携課ホームページ内に本研究のポータルサイトを開設し、公表済み情報を一括して閲覧可能にした。さらに、今後のモニタリング成果の公開に先立ち、既存資料から取りまとめた神奈川県の水源林の自然環境の実態を追加して掲載した。

### (7) 結果の概要

#### ① 会議・打合せ・研修会等の開催結果（主なもの）

##### ○ 第18回対照流域モニタリング調査会検討会議の開催

日時：平成28年1月21日（木）14：00～17：00

場所：東京都千代田区神田多町2-4 情報オアシス神田 オアシス3

出席者：各専門委員、オブザーバー（専門、行政）、研究連携課

議題 1) 対照流域モニタリングの平成28年度実施状況について

2) 水源施策の評価に向けて

概要：各調査担当から最新のモニタリング結果を報告し意見交換した。

##### ○ 対照流域モニタリング調査会 水・土砂分野部会 現地検討会

日時：平成28年7月21日（木）8：30～17：00

場所：フチヂリ沢およびヌタノ沢（現地視察）、足柄上合同庁舎（検討会）  
 出席者：各専門委員（水土砂分野のみ）、オブザーバー（関係所属）、研究連携課、  
 現地視察（午前）：フチヂリ沢とヌタノ沢の現地視察（観測状況、下層植生回復状況）  
 検討会（午後）：丹沢の流域スケールの土壌保全をテーマとした報告と意見交換  
 概要：検討会では石川委員より堂平地区における土壌保全研究の成果について、研究連携課よりヌタノ沢のH27までのモニタリング結果について報告し、意見交換を行った。

○対照流域モニタリング調査会 水・土砂分野部会

日時：平成27年12月21日（月）13:30～16:30

場所：東京農工大学 1号館 402会議室

出席者：各専門委員（水土砂分野のみ）、研究連携課

議題 1) 対照流域モニタリング調査（水土砂分野）のH28年度実施状況

2) 流域スケールの土砂流出動態と下層植生回復効果の検証について ほか

概要：議題2では、大洞沢やヌタノ沢の最新成果、水生生物（溪流環境）と土砂動態の関係について各担当より報告。意見交換を行った。

○対照流域モニタリング調査会 水生生物分野拡大部会

日時：平成28年12月6日（水）15:30-17:00

場所：自然環境保全センター 本館レクチャールーム

出席者：各専門委員（水生生物分野のみ）、オブザーバー（関係所属）、研究連携課

概要：各試験流域における水生生物の概況調査結果に基づき、現況の評価や今後のモニタリング調査について意見等をいただいた。

表1 研究連携課主催の対照流域モニタリング関係会議・打合せ等一覧

開催日	会議名称等	区分	内容（主な議題等）
H28. 4. 14	県有林整備課との打合せ	所内	大洞沢の整備について
H28. 4. 28	東京大学受託研究打合せ	外部	H28年度受託研究の実施にかかる細部打合せ
H28. 5. 16	東京農工大学受託研究打合せ	外部	H28年度受託研究の実施にかかる細部打合せ
H28. 6. 3	県西C森林部水源の森林推進課打合せ	庁内	現地検討会企画と具体役割分担について
H28. 6. 6	神奈川工科大学受託研究打合せ	外部	H28年度受託研究の実施状況等の細部打合せ
H28. 7. 8	県央C水源の森林部打合せ	庁内	H28年度の貝沢の具体整備内容について
H28. 7. 21	水土砂分野部会 現地検討会	外部・庁内	県西C管内試験流域視察と丹沢土壌保全の検討
H28. 10. 17	検討会事前打合せ（福嶋悟先生）	外部	水生生物分野拡大部会の内容案について
H28. 10. 21	水源林研修会（県西C合同開催）	庁内	ヌタノ沢試験流域視察とモニタリング報告
H28. 11. 9	研究推進支援研修 （講師：西本晴男先生 ほか）	庁内	諸戸北郎博士と近代砂防技術、丹沢の震災復旧工事とのかかわり
H28. 12. 6	水生生物分野拡大部会	外部・庁内	各試験流域の現況評価と今後のモニタリング
H28. 12. 20	水土砂分野部会	外部・庁内	流域スケールの土砂流出動態と植生回復効果の検証
H29. 1. 24	第18回 対照流域モニタリング調査会検討会議	外部・庁内	対照流域モニタリングの進捗状況について、水源施策の評価に向けて
H29. 3. 10	研究推進支援研修 （講師：福嶋悟先生）	庁内	源流河川の付着藻類～大型藻類の生育と河川環境特性～

②対照流域モニタリングのポータルサイトの開設・更新

サイトの構成は次のとおり。

○かながわの水源林について

- ・水源地域の山地と森林
- ・水源地域の森林の歴史
- ・森林の水源かん養機能と森林管理
- ・森林の土壌流出と水や生きものへの影響

○水源林の保全・再生と研究の役割

- ・水源林の課題に関する科学的知見の蓄積
- ・新たな課題に取り組むための対策手法の開発
- ・効果的な施策推進のためのモニタリング調査

○対照流域法によるモニタリング調査

- ・調査のねらいとスケジュール
- ・試験流域と調査の内容
- ・これまでの調査でわかったこと



図1 ポータルサイトトップページ

### (8) 今後の課題

- ・森林における水源環境保全・再生対策の効果を科学的に検証するための総合モニタリングであるため、研究分野が多岐にわたり、森林の生育や土壌の回復のような長期的変化も視野に入れる必要がある。このため、大学等の研究機関との外部連携による継続的な体制を構築し、県内4か所に設定した試験流域におけるモニタリング調査を着実に継続する必要がある。
- ・水源税の第1期5か年計画では、県内4地域にそれぞれ試験地を設定し、森林における施策の効果を検証するための基本的な観測を開始することができた。第2期5か年計画では、各試験地において、それぞれのモニタリングの狙いに従って操作実験と検証を行い、成果をあげる段階となっている。このため長期的な効果の検証と同時に、短期間でも変化が検出できるような項目を選定して並行して検証していく必要がある。

### (9) 成果の発表

内山佳美・山根正伸・横山尚秀・山中慶久（2013）神奈川県における水源環境保全・再生施策の検証方法とその実施状況、神自環保セ報10、1-12

内山佳美・山根正伸（2011）ニホンジカ影響が顕著な東丹沢大洞沢における水源かん養機能モニタリング、平成23年度砂防学会研究発表会概要集、38-39、2011年5月

内山佳美・山根正伸（2008）森林における水環境モニタリングの調査設計-大洞沢における検討事例-、神自環保セ報5、15-24

表2 対照流域法等による森林のモニタリング調査の全体スケジュール

	H19~23 (2007~2011)	H24 (2012)	H25 (2013)	H26 (2014)	H27 (2015)	H28 (2016)	H29~33 (2017~2021)	H34~38 (2022~2026)
施策スケジュール	第1期実行5か年計画	第2期実行5か年計画					第3期 5か年計画	第4期 5か年計画
対照流域法等による モニタリング調査	試験流域の設定と 事前モニタリングの開始	対照流域法における整備の実施と事後モニタリングの開始					モニタリング継続	モニタリング継続
東丹沢 大洞沢)	H19事前検討、H20施設整備・ 観測開始、H23整備	事後モニタリング				第 2 期 成 果		
相模湖 貝沢)	H20事前検討、 H21施設整備 観測開始	事前モニタリング 整備実施	事後モニタリング					
西丹沢 区ノ沢)	H21事前検討、 H22施設整備 観測開始	事前モニタリング	事前モニタリング 整備実施	事前モニタリング				
南足柄 ワチヂリ沢)	H22事前検討、 H23施設整備 観測開始	事前モニタリング	事前モニタリング	事前モニタリング (H26以降必要に 応じて整備)	モニタリング			
水循環モデル	広域/小流域水循環モデル構築、 一部シナリオ解析	モデル解析	モデル解析	モデル解析	モデル解析	モデル解析	モデル解析	モデル解析
成果	年度ごとの成果取りまとめ 中間とりまとめ(H22)	第1期成果取り まとめ(センター 報告)	研究報告会等	事業報告会等	第2期見直しの ための成果公表	第2期とりまとめ	10年後の結果	15年後の結果



試験流域	自然特性等	モニタリングのねらい	観測開始
東丹沢「大洞沢」	宮ヶ瀬湖上流、新第三系丹沢層群人工林、シカ影響	シカ管理と人工林管理の効果を検証する	H21
小仏山地「貝沢」	相模湖支流、小仏層群（頁岩）人工林	水源林整備の効果を検証する	H22
西丹沢「スタノ沢」	丹沢湖上流、深成岩（石英閃緑岩）広葉樹、シカ影響	シカ管理を広葉樹整備の効果を検証する	H23
箱根外輪山「フチヂリ沢」	狩川上流、外輪山噴出物、人工林	当面は、当該地域の基本的な水源環境の特性を把握	H24

図2 県内4箇所の試験流域とモニタリングのねらい

表3 対照流域モニタリング調査会検討会議 構成員（平成28年度）

	氏名	所属 役職	就任
専門委員	石川芳治（座長）	東京農工大学大学院農学研究院 自然環境保全学部門 教授 【水・土調査】（堂平・大洞沢）	H19～
	白木克繁	東京農工大学大学院農学研究院 自然環境保全学部門 准教授 【水・土調査・小流域水流モデル】（貝沢ほか）	H19～
	戸田浩人	東京農工大学大学院農学研究院 自然環境保全学部門 教授 【水質等調査】（貝沢・大洞沢）	H19～
	五味高志	東京農工大学大学院農学研究院 国際環境農学部門 教授 【土砂・土壌流出】（大洞沢）	H21～
	鈴木雅一	東京大学 名誉教授 【水収支調査】（大洞沢）	H21～
	小田智基	東京大学大学院 農学生命科学研究科 助教 【水収支調査】（大洞沢）	H21～
	江草智弘	東京大学大学院 農学生命科学研究科 研究員 【水収支調査】（大洞沢）	H25～
	堀田紀文	筑波大学大学院 生命環境科学研究科 准教授 【水収支調査】（大洞沢）	H21～
	吉武佐紀子	元湘南短期大学（現神奈川歯科大学） 教授 【付着藻類調査】（大洞沢・貝沢）	H19～
	高村岳樹	神奈川工科大学 教授 【水生動物の遺伝子解析】	H26～
	石綿進一	神奈川工科大学 客員教授 【底生動物調査】（スタノ沢ほか）	H19～
	金子裕明	神奈川工科大学 【水生動物の遺伝子解析】	H28～
オブザーバー（専門）	株式会社地圏環境テクノロジー	【広域水循環モデル】	
オブザーバー（行政）	南足柄市		
	東京神奈川森林管理署		
	水・緑部 自然環境保全課		
	水・緑部 水源環境保全課		
	水・緑部 森林再生課		
	環境科学センター		
	県央地域県政総合センター農政部／水源の森林部		
	県西地域県政総合センター森林部		
自然環境保全センター森林再生部 / 研究企画部自然再生企画課			
事務局	自然環境保全センター研究企画部研究連携課		

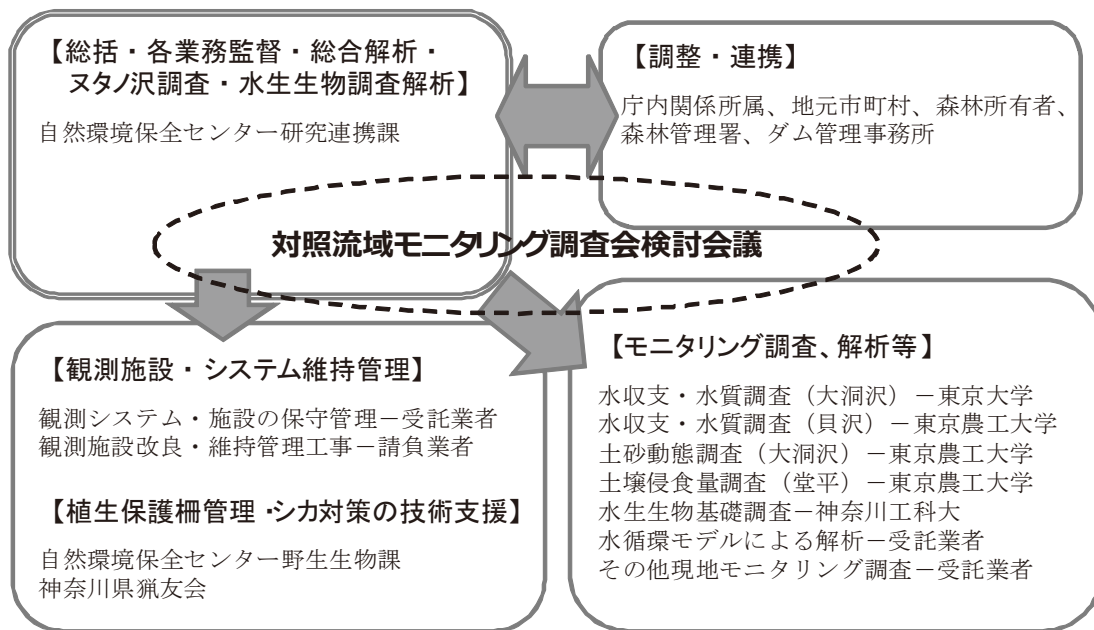


図3 平成28年度実施体制



- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発  
 (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発  
 B. 対照流域法による総合モニタリング

- (1) 課題名 Ba. 観測施設保守・改良  
 (2) 研究期間 平成19～28年度  
 (3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）  
 (4) 担当者 内山佳美・大平充・三橋正敏

(5) 目的

第2期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に基づいて、対照流域法等による森林のモニタリング調査の基盤データを取得するために、各試験流域の観測施設の維持管理・改良、対照流域試験の操作実験にかかる施設整備を行う。

(6) 方法

各試験流域の観測施設の定期点検や施設の改良・修繕・機器更新、量水堰の浚渫工事等を行った。

表1 観測施設整備・維持管理業務一覧（平成28年度）

箇所	業務内容	工期	受託者
大洞沢	植生保護柵点検とセンサーカメラによるシカ侵入の点検	-	直営)
	観測施設の定期点検・保守(全8回)	4/15 ~ 3/28	神奈川県森林組合連合会
	植生保護柵の一部嵩上げ(延長380m)	6/27 ~ 8/31	株)落合組
	植生保護柵内のシカ捕獲	6/1 ~ 7/31	公益社団法人神奈川県猟友会
	施設監視用カメラ2か所の更新	6/3 ~ 8/16	有)川入でんき
	施設監視用カメラ1か所とレコーダの更新	11/28 ~ 1/31	有)川入でんき
	N03量水堰浚渫のための既設観測装置の一部移設	11/28 ~ 1/31	矢作電設
	N03量水堰の浚渫土砂の処分場搬入(50m <sup>3</sup> )	11/28 ~ 1/31	株)落合組
	N01量水堰の浚渫工事	1/31 ~ 3/31	株)落合組
	既設植生保護柵の増設(182.0m)	12/15 ~ 3/31	株)落合組
貝沢	観測施設・システムの定期点検	4/1 ~ 3/31	東京農工大学
ヌタノ沢	植生保護柵の定期点検とセンサーカメラによる周囲のシカ把握	-	直営)
	観測施設・システムの定期点検・保守(全6回)	4/15 ~ 3/28	株)ウイジン
	A沢量水堰の浚渫工事	11/16 ~ 1/31	株)湯川組
フチヂリ沢	水文観測装置(フチヂリ沢)予備バッテリー交換	12/27	直営)
	観測施設・システムの定期点検・保守※	7/5 ~ 3/28	日本工営
	水文観測装置の点検・保守とフチヂリ沢の水位計の調整	2/21 ~ 3/31	株)ウイジン

※委託調査の業務の一環として実施

(7) 結果の概要

①浚渫工事(大洞沢 No1、No3 量水堰、ヌタノ沢 A 沢量水堰)

8月22日の台風9号による大雨の影響により、大洞沢のN01およびN03量水堰、ヌタノ沢A沢の量水堰に土砂が堆積した。大洞沢のN01、N03はいずれも満砂状態となったため、その後も観測システムは稼働させたものの浚渫が完了するまでの間の水文観測値は正確でない。ヌタノ沢A沢の量水堰の堆積土砂量は少量であったため、浚渫工事は実施したが観測への支障はほとんどなかった。

- ・大洞沢 N01 量水堰 浚渫土砂量 92.4 m<sup>3</sup> (堆積土砂量の大部分であるが全量ではない)  
工事期間 H29. 3. 8～3. 21
- ・大洞沢 N03 量水堰 浚渫土砂量 50 m<sup>3</sup>程度 (全量浚渫) ※正確な土砂量は東京農工大学で測定  
工事期間 H29. 1. 10～1. 31
- ・ヌタノ沢A沢量水堰 浚渫土砂量 5.9 m<sup>3</sup> (全量浚渫) 工事期間 H28. 12. 3



図1 量水堰の土砂堆積、浚渫の状況 (大洞沢 N01) 左 : H28. 4. 21 中 : H28. 11. 2 右 : H29. 4. 3



図2 量水堰の土砂堆積、浚渫の状況 (大洞沢 N03) 左・中 : H28. 9. 1 右 : H29. 4. 3



図3 量水堰の土砂堆積、浚渫の状況 (ヌタノ沢A沢) 左 : H28. 7. 13 中 : H28. 8. 29 右 : H28. 12. 15

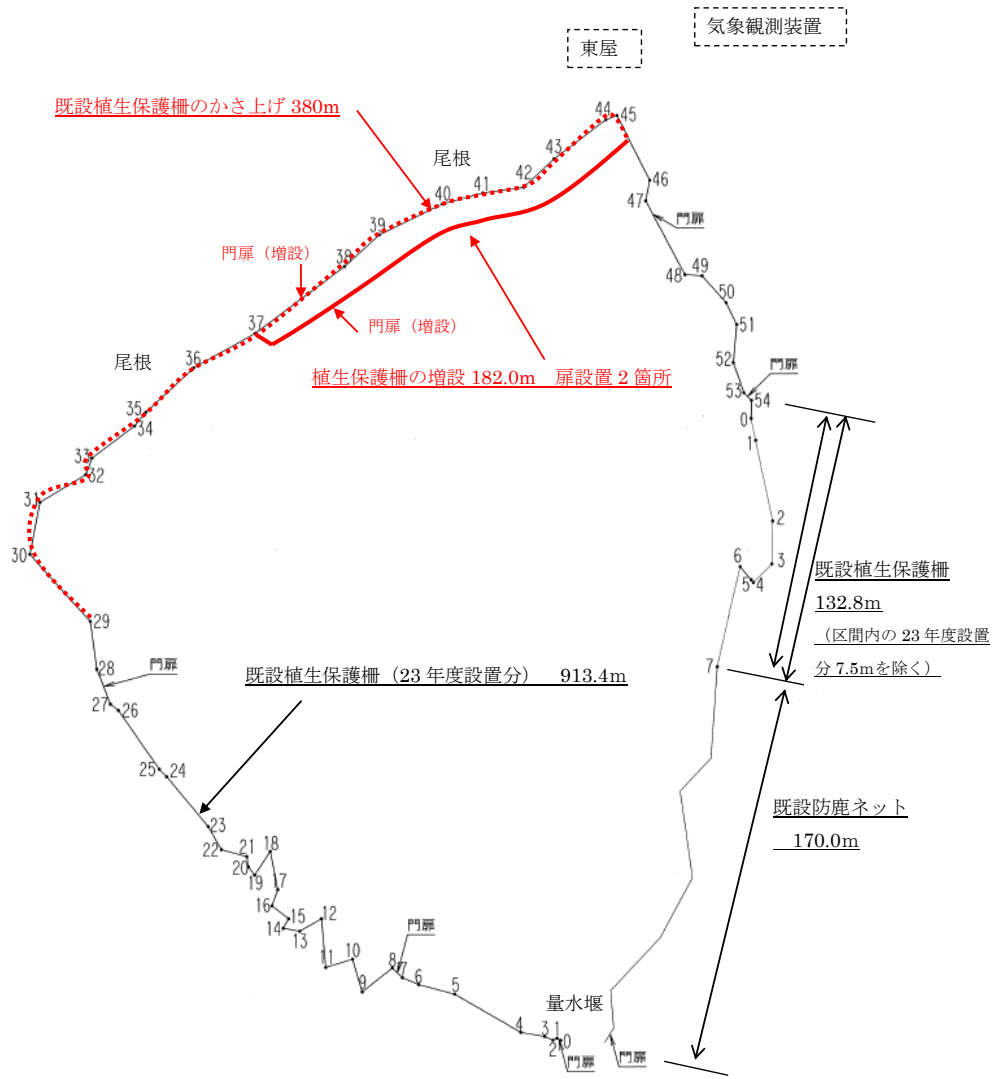
## ②大洞沢の植生保護柵の改良・増設

### ○尾根区間の柵のかさ上げ

既設植生保護柵の尾根区間 (380m) について、既設の柵の上部に亀甲金網を設置しておよそ450mmかさ上げした。

### ○尾根区間の柵の増設

既設植生保護柵の尾根区間 (気象観測地点寄りの182.0m) について、既設の柵の内側に2重になるように植生保護柵を増設した。



- ① 柵のかさ上げ 380m (亀甲金網設置)
- ② 柵の増設 182.0m (一部区間を二重に)

既設植生保護柵平面図

図 4 既設植生保護柵のかさ上げと増設の位置



図 5 柵のかさ上げ  
(H28. 7. 19 撮影)



図 6 柵のかさ上げ  
(H28. 7. 19 撮影)



図 7 柵と門扉の増設  
(H29. 7. 3 撮影)

### ③柵内のシカ捕獲

平成 28 年度春季より、大洞沢 N03 流域の植生保護柵内にシカが侵入し、センサーカメラでも高い頻度で撮影されていることから、植生保護柵の補強（尾根部のかさ上げ）をある程度進めたうえで、神奈川県猟友会により植生保護柵内のシカ試験捕獲を行った。

平成 28 年 7 月 23 日午前 7 時に現地集合し射手 3 名、勢子 1 名、猟犬 3 頭で実施。7 時 50 分にタツ配置終了、8 時 10 分に子ジカを捕獲、8 時 45 分にオスジカ鹿を捕獲した。母ジカが柵内に生息している可能性もあったことから植生保護柵内全域を入念に探索したが生息はないと判断され終了した。

捕獲個体番号 816433 オス 当歳児 体重 13kg

捕獲個体番号 816434 オス 1 尖・袋角 体重 35kg

### ④水位センサ修理（フチザリ沢）

実施日（取り外し）：平成 29 年 3 月 1 日 （再設置）：平成 29 年 3 月 8 日

交換後型式：水圧式水位センサ UIZ-WL500 ※交換前と同じ

交換理由：故障のため（平成 28 年 12 月にバッテリー電力低下のためバッテリー交換をしたが水位のみ正常値に戻らない）

## （8） 今後の課題

- ・量水堰の土砂の堆積や施設の破損等によって欠測になった場合は、迅速な対応を行い欠測期間を最小限にする必要がある。
- ・日頃から観測の精度を維持するために、定期点検を行い、異常等の早期発見、早期対応を行う必要がある。また、大きな施設破損につながる前に、日頃からきめ細かく予防的な措置を行う必要がある。
- ・大洞沢とヌタノ沢の植生保護柵については、定期点検を継続し、補修や補強をこまめに行う必要がある。また、これまで冬季から春季にかけてシカが侵入することが多いため、季節に応じた対応を行う必要がある。

## （9） 成果の発表

内山佳美・山根正伸（2013）対照流域法によるモニタリング調査のための観測システムの整備，神奈川県自然環境保全センター報告、10：13-21.

- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発  
 (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発  
 B. 対照流域法による総合モニタリング

- (1) 課題名 **Bb. 大洞沢モニタリング調査**  
 (2) 研究期間 **平成 19～28 年度**  
 (3) 予算区分 **県単(水源特別会計：森林環境調査)**  
 (4) 担当者 **内山佳美**

(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、各試験流域において対照流域法により総合的なモニタリング調査を行う。大洞沢では、約 3 年間の事前モニタリングの後に、平成 23 年度後半に実施流域において植生保護柵を設置した。平成 24 年度以降は事後モニタリングを行い、植生保護柵の設置(シカの保護管理) 効果を流域スケールで検証する。

(6) 方法

森林整備やシカ管理等による事業効果の検証にあたり、愛甲郡清川村煤ヶ谷地内(大洞沢) おいて、流域からの水流出、水質形成機構、土砂流出動態に関するモニタリングを継続して実施した。本研究は、東京大学(以下項目の①) 及び東京農工大学(同②) への受託研究により実施した。(詳細は、各受託研究報告書参照)

① 水収支・流出特性、水質形成機構

大洞沢流域内の No1(48ha)、No3(7ha)、No4(5ha) の 3 流域を対象とし、水文観測(降水量、流出量) を行った。得られた降水量・流出量から年間の水収支を求め、年損失量を算出した。次に、洪水流出時の直接流出量・ピーク流出量を求め、洪水流出後の流出逓減速度を求めた。得られた結果より植生保護柵設置前後の流出特性の変化について検討した。

降水量の観測は、口径 20cm、降水量 0.5mm で 1 転倒する転倒升式雨量計による自記記録と、口径 20cm の貯留式雨量計を併用することにより観測を行った。

流出量観測は、大洞沢流域の 48ha、7 ha、5 ha 流域の末端の No1、No3、No4 地点に設置された量水堰にて行った。水位は、水圧式水位計を用いて自動的に計測し、水位流量関係式を用いて流量データに変換した。

洪水流出特性の指標として、直接流出量とピーク流出量を用い、流出逓減の指標として、モデル式から流出逓減係数を用いた。流量が減少する際の傾きの変曲点は、片対数グラフ上で目視で決定した。流出逓減解析では、 $Q_t = Q_0(1 + a_2 t)^{-2}$  のモデル式を変曲点から 10mm 降雨が降るまでの流量データに対してフィッティングさせ、流出逓減係数  $a_2$  を求めた。

降雨・渓流水の水質サンプルは、それぞれ降水量・流量の観測地点において観測ごとに採水した。観測は 2 週間～一月に一度の頻度で定期的に行い、また自動採水器を用いて、洪水流出時の No3、4 流域の渓流水を 1-2 時間おきに採水した。採取してきたサンプルは、イオンクロマトグラフィーにより分析し、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  の濃度を測定した。

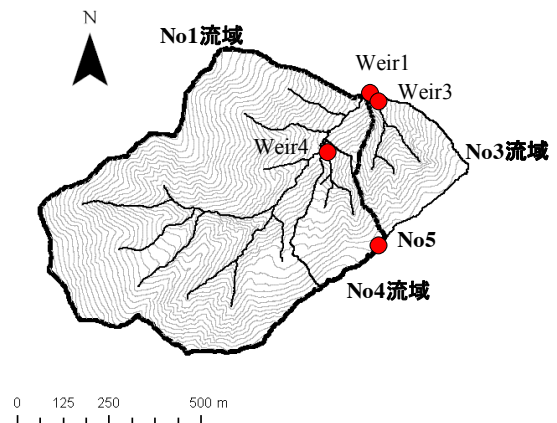


図 1 大洞沢流域 観測地点

## ② 土砂流出動態

### a. 流域の土砂流出の観測(継続)

対象とする2箇所の試験流域における流出土砂量を把握するために、流域末端部の量水堰において、濁度の経時変化の観測を行い、台風などの大規模降雨時には、自動採水器による渓流水のサンプリングを行って浮遊土砂濃度を測定した。また、大規模降雨後に、量水堰の沈砂池内に顕著な土砂堆積が見られる場合には、横断測量によって堆積土砂量を計測し、流域からの流出土砂量を把握した。

### b. 斜面の土砂生産の観測(継続)

2箇所の試験流域の斜面における土砂生産量を把握するために、斜面末端部に2箇所ずつ設置されている土砂捕捉プロットにおいて、土砂およびリター流出の観測を行った。一定期間ごとにサンプル回収を行い、捕捉土砂およびリターの乾重量を計測するとともに、土砂については粒径分布も計測した。

### c. 斜面内の土砂移動過程の把握

試験流域の斜面における土砂の移動過程を推定するために、土壌が安定している場、不安定な場における、土壌中に含まれる放射性セシウム(Cs-134とCs-137)の存在比によって、斜面の土壌侵食量を推定する。また、土砂移動にともなう栄養塩類の流出についても検討する。

### d. 流路および流路周辺の地形変化評価手法の確立

デジタルカメラを用いた低高度の山地流路撮影により高精度の流路地形モデルを作成し流路地形を計測する方法を確立した。さらに3Dオブジェクト解析により10cmの高精度で流路微地形を判読することができた。

## (7) 結果の概要

### ①水収支・流出特性、水質形成機構

主な結果は次のとおりである。(調査結果全体は、受託研究報告書を参照)

#### ○2010-16年水収支

2016年は、8月22日に観測開始以来、最も激しい降雨イベントが起こった。その結果、No1、No3流域で大きな土砂流出があり堰が埋まったため、両流域では長い欠測期間が生じた。従って、この期間の流量については、HyCyモデルを用いて補完した。2016年の年降水量・年流量は平年と同程度であり、No4流域の流量が最大で、No3流域の流量が最も小さかった。

表1 年水収支(2010-2016年)

Year	Rainfall (mm/year)	Discharge (mm/year)			Loss (mm/year)		
		No1	No3	No4	No1	No3	No4
2010	3154	2200	1864	3688	954	1290	-534
2011	3099	2336	1875	3263	763	1224	-164
2012	3051	2212	1912	3168	839	1139	-117
2013	2755	1992	1696	2264	763	1059	491
2014	3128	2268	2077	2824	860	1051	304
2015	3188	2460	2055	3037	728	1133	152
2016	3014	2271	2109	2673	743	905	341
Average	3056 ± 145	2249 ± 143	1941 ± 148	2988 ± 457	807 ± 81	1115 ± 126	68 ± 357

#### ○大洞沢流域における基岩地下水動態

図2に2014年の時間降水量、No4流域の流量、基岩地下水位の時系列変化を示す。網掛けの部分はNo4流域の流量に2次ピークが見られた期間と、無降雨期に上昇していた期間である。斜面中腹の井戸と斜面下部の井戸で観測された基岩地下水の変動は、大まかに流出量の波形と一致している。その変動幅は2~3mであり、河川流出量に無視できない影響を与えていると考えられる。

また、特に斜面中腹の井戸の地下水位のピークはNo4 流域の河川水量の2次ピークと一致している。これらの結果から、大洞沢流域における降雨-流出過程に基岩地下水が大きな役割を果たすことが示唆された。

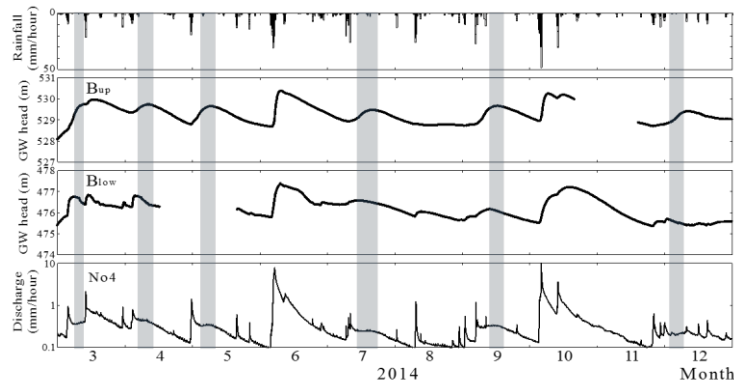


図2 2014年の時間降水量・No4流域の流量・地下水頭の時系列変化

○森林整備前後の直接流出量、水質の変化

図3に植生保護柵設置前(2009-2012)と設置後(2013-14, 2015-16)の直接流出量の比較を示す。直接流出量は流域の湿潤度が大きく影響することから、降雨開始前の流量によって、3段階に区分して示した。植生保護柵設置後の結果は、植生保護柵設置前と概ね同じ位置にプロットされており、No3, 4流域での違いは特に認められない。従って、植生保護柵設置による直接流出量への影響は2016年までにおいては大きくないと考えられた。

図4にN03-/C1-比の時系列変化と2010-11の観測値平均を100としたときのN03-/C1-比の時系列変化を示した。C1-濃度は大まかに地下水の経路を反映していると考えられるため、流出経路の変化の影響を除外するためにN03-/C1-比を用いた。N03-/C1-比は3流域全てで2012年以降大きく減少していた。ただ、2016年は、2014-2015に比べると若干値が高くなっており、近年続いていた減少傾向が弱まっている可能性がある。また、No1, 3, 4流域の傾向を比較すると、2015-2016年については、夏期を除いて、No3流域の値が他の2流域より下がっているように見える。従って、No3流域では植生保護柵を設置したことにより徐々に下層植生が回復し、窒素吸収量が増加しはじめている可能性がある。

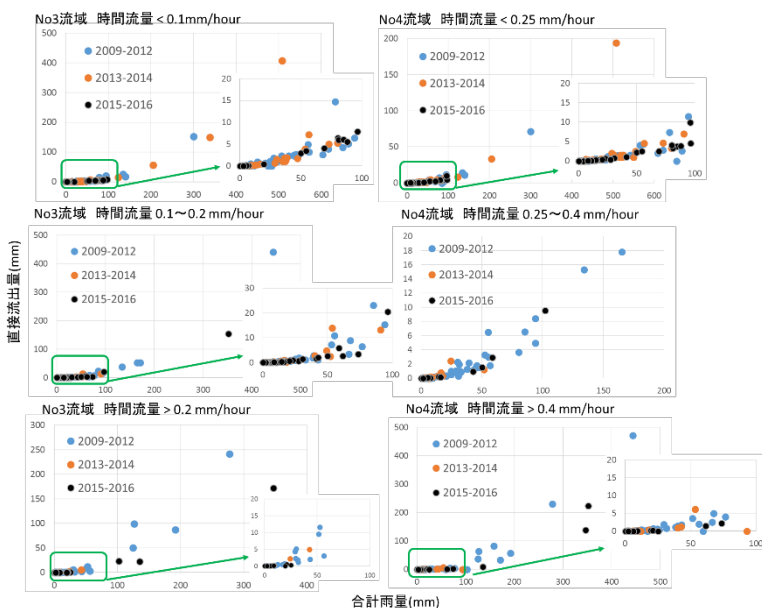


図3 植生保護柵設置前後の直接流出量の比較

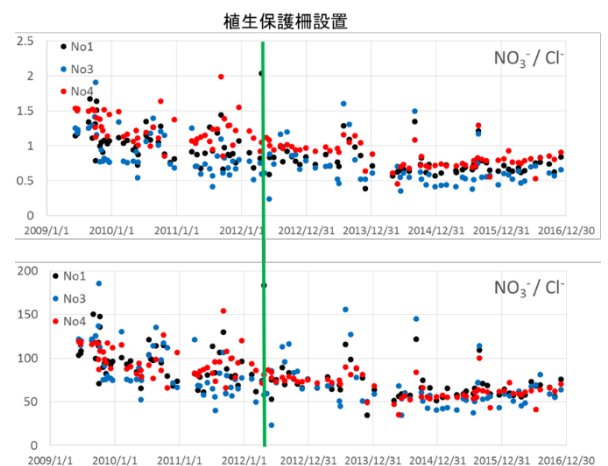


図4  $\text{NO}_3^- / \text{C1}^-$ 比とその割合の時系列変化

## ②土砂流出動態

### ○流域スケールの林床植生の空間分布

植生調査結果から、植生保護柵設置後の植生量が増加していることが明らかとなった。しかし、植生量の年々の変動も小さくなく、バイオマス量等の種々のデータから、年間一平米あたり 50g 程度の乾燥重量を維持している条件では、植生による土壌侵食抑制効果はあると判断できた。植生保護柵設置後では、斜面脚部や崩壊跡地では、植生回復している箇所も有り、植生回復の兆候がみられてきた。しかし、斜面周辺部では、河畔域で植生回復がみられるが、分布はモザイク状であり、今後の継続的な経過観測が重要である。

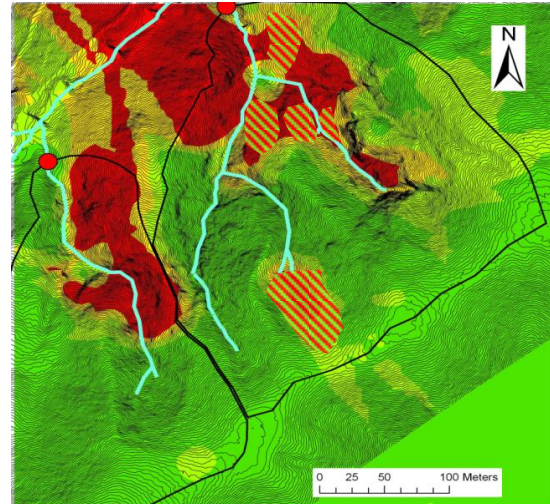


図5 植生保護柵内の植生回復状況  
パッチ状に植生回復の顕著な箇所あり ( )

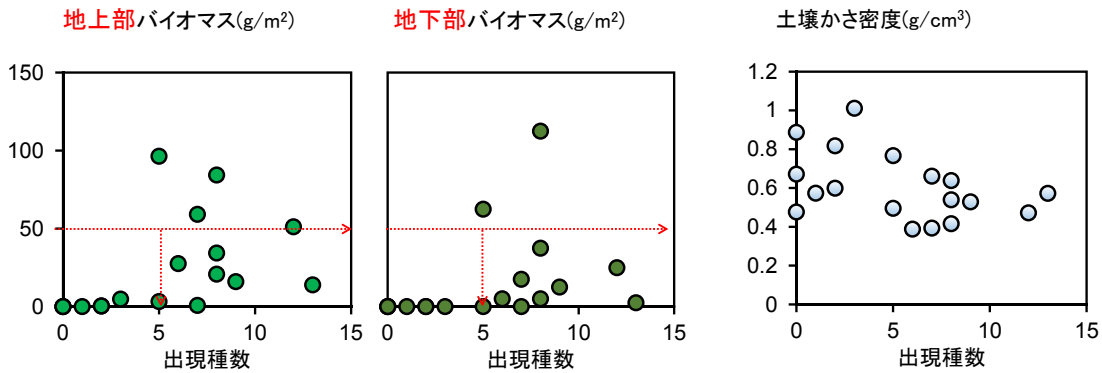


図6 出現種数とバイオマス量、土壌密度の関係

※50g/m<sup>2</sup>のバイオマス量を維持するには出現種数5~10を維持する必要。

### ○斜面からの土砂生産とその季節変化

これまでの測定結果から、大洞沢流域における土砂生産は既往研究より相対的に大きいことが分かってきた。4年間の斜面プロット観測結果から、流域 No.3 と流域 No.4 の斜面からは年間を通して土砂が生産されていることが明らかとなった。土砂が生産される時期は必ずしも降雨の多い時期とは限らないことが示され、初春から初夏にかけて多くなる場合もあったことから、融雪が土砂生産に影響を与えている可能性も考えられた。

斜面プロットの生産土砂量について6~12月の夏季と12~3月の冬季に分けて分析したところ、2ミリ以下の径の土砂生産量は夏期に多く、粒径の大きなものは、冬期に多かった。斜面の土砂生産過程を考える上では、粒径別に現象のメカニズムを理解する必要があると考えられた。

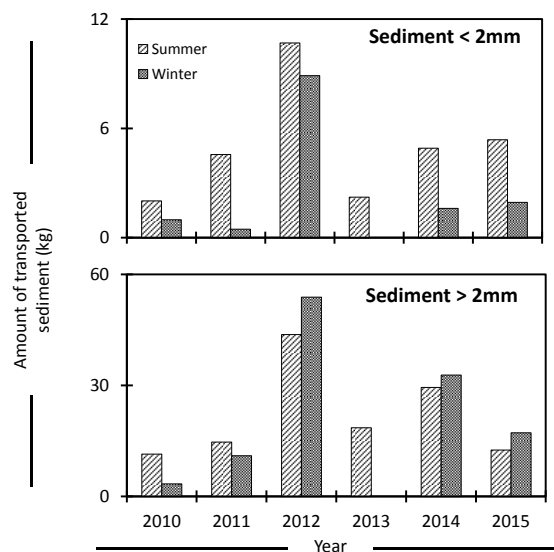


図7 生産土砂の季節変化  
(上：粒径2mm未満、下：粒径2mm以上)



### ○流域からの掃流砂流出

操作流域(流域 No. 3) および対照流域(流域 No. 4) の流出土砂の時系列変化を把握した。連続観測から、土砂流出特性が流域ごとに異なることを明らかにした。2012年3月の植生保護柵設置後の操作流域における土砂流出には明瞭な変化はみられない。ただし、長期的な観測結果から、2016年8月の降雨により、No3流域で既往最大の土砂流出が発生したことが観測できた。また、土砂流出には、降雨量の大小にかかわらず、流出するとき流出しないときの明瞭な違いがあり、斜面から土砂生産量の大小が流出の有無に影響を及ぼしていることが予想された。今後、操作流域、対照流域ともに今後も観測を継続する必要がある。

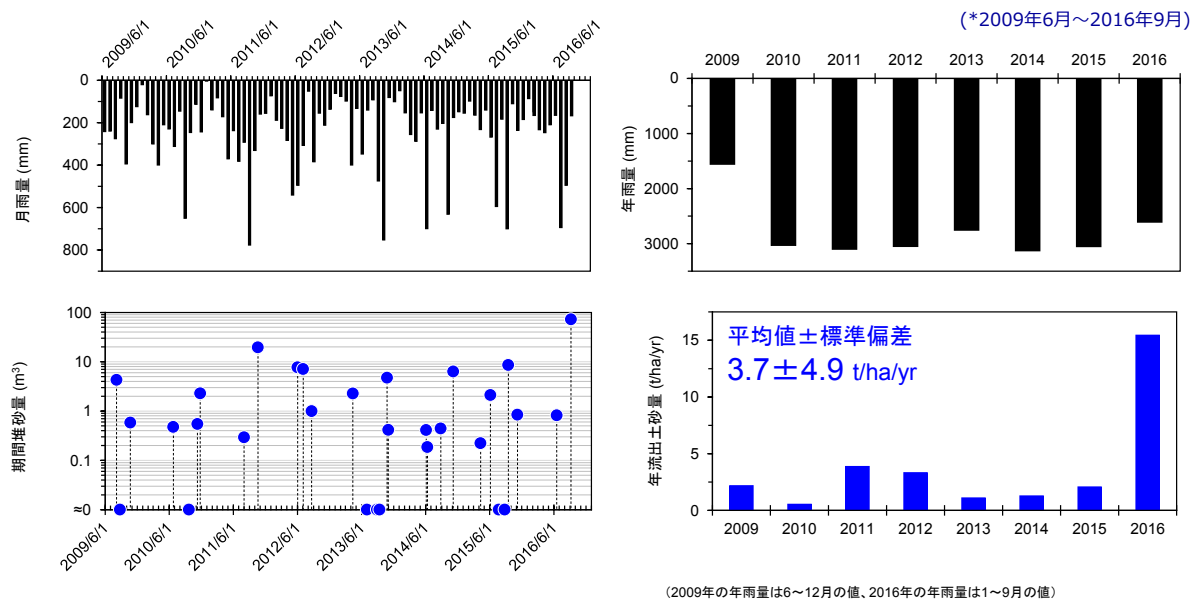


図8 No. 3流域における期間堆砂量と年流出土砂量

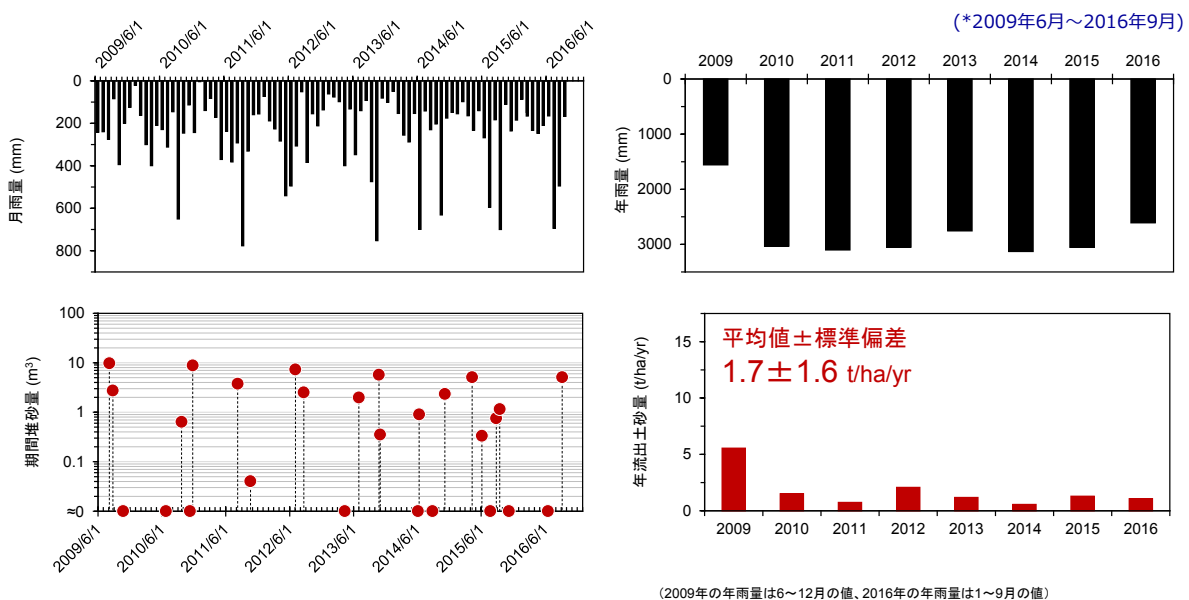


図9 No. 4流域における期間堆砂量と年流出土砂量

### ○流域内の土砂移動特性と土砂滞留

山地溪流での詳細な流路地形計測を可能とする方法として、低高度写真測量手法を提案し、その計測精度や適用性を検証した。解析データの検証として、1次流路区間内では8箇所のステップ高、

2次流路区間では108箇所の水深を計測した。得られた地形モデルは、1.1mm/pixelの解像度であり、1cm程度の河床礫まで確認することができた。さらに、ステップ地形や淵、瀬などの地形要素を判別できた。

1次流路のステップ高について実測値と解析値を比較したところ、概ね一致していたが、水深が62cmの淵などでは誤差があった。2次流路では、淵の水深を過大評価する結果となった。本手法は低高度写真測量を用いることで、山地溪流の微地形変化を計測することができた。これらの知見は、河川環境や土砂移動の管理で有効であることが確認できた。

#### ○浮遊土砂流出量と放射性セシウム濃度

大洞沢流域を中心として、福島県から静岡県までの浮遊土砂流出とそれにふくまれる放射性セシウム濃度を計測した。各地域における第3次航空機調査による空間線量データ及びおよびCs-134とCs-137合計値は、福島県二本松市で最も高く、群馬県サイトがこれに次ぐ値であった。懸濁体の放射性セシウム濃度も流域降水量に対応していた。福島県における浮遊土砂流出に占める放射性セシウム濃度が最も高く、静岡県の東大樹芸研で最も低い値となった。各流域の降水量に対する流出率では、既往報告とほぼ同じ0.02~0.13%と試算された。しかし、攪乱などによる土砂移動が発生し、流出率が増加したと考えられる流域や、丹沢大洞沢流域では、シカの食害による林床植生の衰退とともに、土壌侵食が河川周辺斜面において顕在化していることにより他の流域より高い傾向が見られた。

#### ○流域水温特性と湧水寄与評価

流域3と4の観測初期の2009年からの水温データをまとめた結果、流域3と流域4では、水温応答が異なることが分かった。とくに、流域4では、流域3よりも夏に水温が低く、冬に水温が高い傾向がわかった。これまでの研究から、湧水の水温は12度程度で安定していることから、流域4では、流出水に占める湧水の寄与が大きいと考えられた。今後、流域末端の水温特性から、流域内における水文特性の評価が可能であると考えられた。

### (8) 今後の課題

- ・植生保護柵の設置による柵内の植生の変化を継続してモニタリングするとともに、水流出、水質、土砂流出の変化についても継続して検証する必要がある。
- ・現時点では植生保護柵設置による流量・水質の明瞭な変化はデータでは確認できなかったが、植生保護柵設置から柵内の下層植生の回復までにタイムラグが生じることから、下層植生の回復状況のデータとあわせて今後も同様の手法で水流出や土砂流出データを蓄積し、中長期的に影響を評価していく必要がある。
- ・大洞沢における柵内の下層植生の回復と土壌侵食さらに下流への土砂流出の関係を検証するとともに、宮ヶ瀬ダム上流域を視野に入れ広域の事業検証も検討していく必要がある。

### (9) 成果の発表

平岡 真合乃ほか(2013) インターバルカメラを用いた連続観測による山地斜面の林床被覆の経時変化の把握、砂防学会誌, Vol. 66, No. 1.

Marino Hiraoka, Takashi Gomi, Shigeru Mizugaki, Tomoki Oda, Shusuke Miyata, Yoshimi Uchiyama Hydrogeomorphic Processes and Sediment Yields in Headwater Catchments based on Field Observation International symposium on sediment disasters under the influence of climate change and tectonic activity (3rd)

Marino Hiraoka, Takashi Gomi, Tomoki Oda, Tomohiro Egusa, Yoshimi Uchiyama (2015) Responses of bed loaded yields from a forested headwater catchment in the eastern Tanzawa Mountains, Japan, Hydrological Research Letters 9(3), 41-46(2015)

(2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発  
 (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発  
 B. 対照流域法による総合モニタリング

- (1) 課題名 Bc. 貝沢モニタリング調査  
 (2) 研究期間 平成19～28年度  
 (3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）  
 (4) 担当者 内山佳美

(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、各試験流域において対照流域法により総合的なモニタリング調査を行う。貝沢では、約3年間の事前モニタリングの後、平成24年度後半に実施流域において森林施業を行った。森林施業の前後を通して流域スケールのモニタリング調査を継続することにより森林施業の効果や影響を把握する。

(6) 方法

森林整備等による事業効果の検証のため、相模原市緑区与瀬地内（貝沢）において、流域からの水流出、土砂流出や物質循環に関する以下の項目について調査を継続した。本研究は、東京農工大学への受託研究により実施した。（詳細は、委託作業報告書参照）

①水流出モニタリング

既設の観測システムによる気象・水文観測を継続し、降水量、流出量のデータを精査するとともに、平成24年の流域1における森林施業の前後での水流出や土砂流出（濁度）の変化を検証するための解析を行った。また、水収支の検証の一環として林内雨量や樹幹流量の測定を追加して行い、樹冠遮断量の精査を行った。

②物質循環機構

貝沢における森林施業と流域内の物質循環（主に窒素）の関係を把握するための各種モニタリングを継続した。調査項目は、リタートラップ等による上方・側方からの有機物採取、溪流内の堆積有機物の採取・分析、群状伐採地と間伐区、対照区等の地温測定、表層土壌の純窒素無機化・硝化量、土壌中の無機態窒素浸透移動、溪流水質測定等である。

平成27年度以降は特に斜面方位での違いを考慮し、同一斜面方位での針葉樹人工林への広葉樹混入による森林土壌の窒素動態への影響、および群状伐採が土壌の窒素動態に与える影響を把握し、通常の間伐施業地との窒素動態の比較を行った。

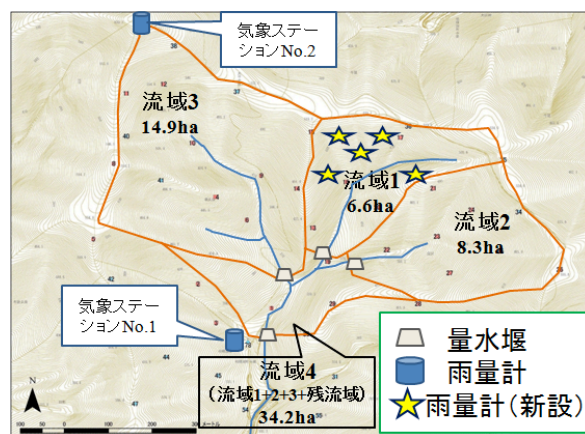


図1 貝沢（流域1～4）



図2 流域1の群状伐採か所と物質循環機構の測定地点（継続）

追加測定項目は、広葉樹率（ここではA0層の内、L層を占める広葉樹リターの重量割合）、微生物バイオマスN、植生バイオマスN等である。

## (7) 結果の概要

主な結果は以下のとおりである（詳細は、受託研究報告書参照）。

### ①水流出モニタリング

#### ○貝沢試験地水収支・浮遊土砂流出観測

貝沢試験流域（相模原市与瀬）では、2012年におこなった森林伐採整備について対照流域実験法でモニタリングを継続的に行い、森林整備による水・土砂移動変化の影響を検証している。2016年1月から12月までの水収支観測から、年間降水量は1622.3mmであった。流出量は、夏季に欠測のあった流域2を除き、流域1で803.8mm、流域3で584.7mm、流域4で736.3mmであった。流域1の年間損失量はおよそ810mmで樹木の蒸発散量による損失量と考えられる量であり、流域1より流出量の少ない流域2や流域3は山体深部への浸透量もしくは側方流動が多いと考えられる。浮遊土砂流出指標に関しては、流域2と流域4において降雨とは異なる土砂流出量の増加がみられた。

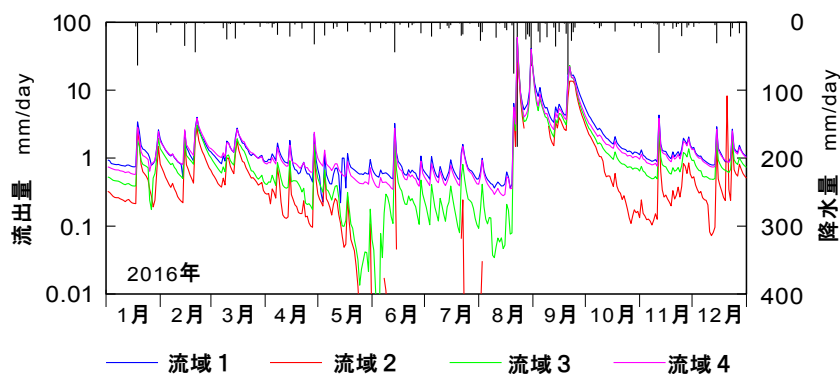


図3 2016年1月から2016年12月のハイドロおよびハイエトグラフ

#### ○流域間の流出特性の分析—水温情報を利用した検討—

森林の流出プロセスにおいては、電気伝導度等を用いた研究事例が多いが、最近では、簡易かつ多点・連続観測に向いているという利点から、温度を指標として流出プロセスの研究をする事例が増えている。そこで、気温に左右されず年間を通して温度変化の少ない地下水成分と温度特性を用いた基底流出時および洪水時における流出過程の分析を行った。

その結果、降雨に伴う水温変化が流域1・2と流域3で異なり、前者では中間流成分の流出が多く、後者では地下水流出成分の流出が多いことが原因と考えられた。このような流出機構の特性は水温の日較差にも表れていた。特に流域3では、夏の降水イベントにおいて、水温が低い状態が1週間以上続いていることから、降雨浸透による深部浸透地下水の押し出しが長期間に亘り効いていることが考えられる。

#### ○自作大型転倒升の開発と試験地への適用

樹冠遮断量の測定を行うためには、林外雨量に加えて林内雨量と樹幹流下量の測定が必要で、より正確な測定を行うためには測定機器の個数や集水面積を大きくする必要がある。しかしながら既存の測定装置は費用やメンテナンスの面などでそれぞれ短所があることから、今後のモニタリングの充実に向け次の4点を満たす測定機器を開発した。①安価で大量に準備が出来ること、②自動記録や時系列での記録が可能でデータの回収や分析に要する労力が小さいこと、③観測期間中のメンテナンスが容易であること、④幅広い流量において精度良く測定ができること、である。

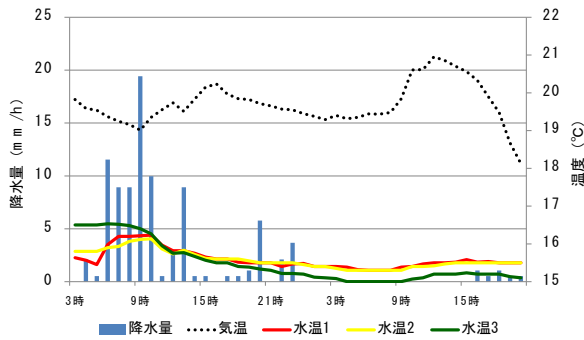


図4 直接流出時の降水量・気温・水温変化（夏の降水イベント）



図5 本研究で作製した自作転倒升

○流域内の光環境測定

森林施業により森林整備を行った場合に、最も端的に表れる変化の一つは森林内の光環境の変化である。林床植生の適切な管理のためには、森林の評価指標として葉面積指数（Leaf Area Index, LAI）に着目することが有効であるが、その間接的な測定方法としてNIR/PAR法により光環境の評価による方法がある。昨年度に引き続き、2012年に群状伐採を行った個所（伐採区）、伐採の行われていない箇所（対照区）、広葉樹林となっている個所の3か所において、PAR測定装置とNIR測定装置を20cm程度離して水平の板の上に設置し、地上高約150cmの位置に固定し測定した。伐採施業を行っていない対照区のNIR/PARの値は、群状伐採区の値よりも大きい数値で推移していた。また、落葉広葉樹林でのNIR/PAR値は、展葉と落葉に伴い増減していた。伐採区のNIR/PAR値は、小面積皆伐区のエッジでの測定地であるが、冬季においては落葉した広葉樹林とほぼ同様なNIR/PAR値を示しており、森林伐採施業による整備の後には、落葉した広葉樹林と同程度の光環境となっていた。今後は立木密度とNIR/PAR値の関係、および下層植生との関連性を精査することにより、森林施業の評価を光環境と林床植生の程度に関連付けて行うことが可能であると思われる。

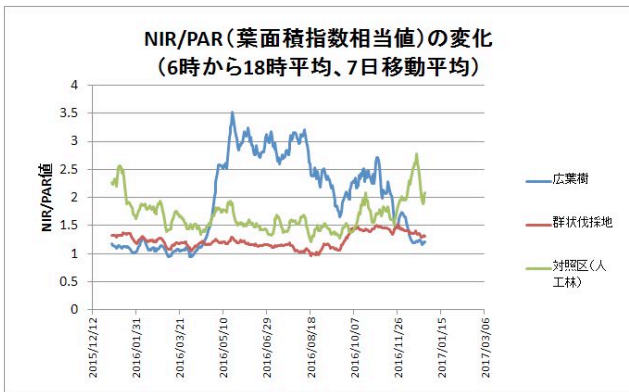


図6 NIR/PAR値の変化

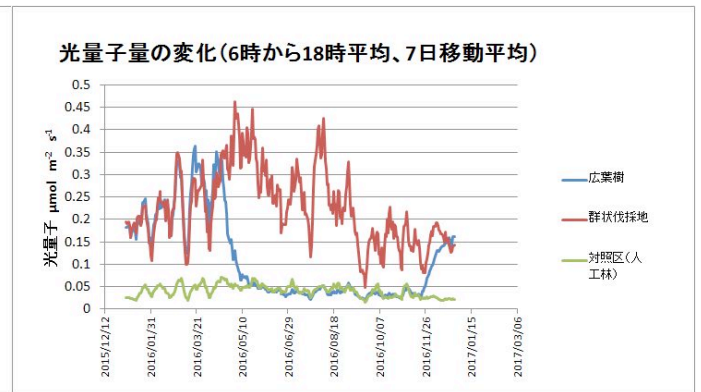


図7 光合成有効放射量（PAR）の変化

②物質循環機構

貝沢対照流域調査地の流域①において、斜面方位での違いを考慮し、同一斜面方位での針葉樹人工林への広葉樹混入による森林土壌の窒素動態への影響、および群状伐採が土壌の窒素動態に与える影響を年間を通して把握し、通常の間伐施業地との窒素動態の比較を行った。また、その影響要因として地形による日射を数値化（SRI×開空度）して解析することで、伐採影響を事前に予測する可能性を

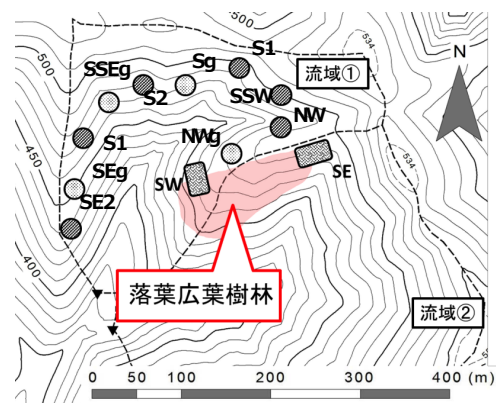


図8 調査プロットと斜面方位

考察した。その結果、以下の知見が得られた。

- a) 年平均地温が増大するにつれ、年間の  $\text{NH}_4\text{-N}$  生成量、 $\text{NO}_3\text{-N}$  生成量、窒素無機化量が増大し、主に群状伐採による地温上昇が窒素無機化の増大に影響していると考えられた。
- b) 年平均土壌体積含水率が上昇するにつれて  $\text{NO}_3\text{-N}$  生成量、窒素無機化量が増大しながら頭打ちになる飽和曲線形の関係がみられた。しかし、G 区のみでは逆の傾向となり、伐採による表層土壌の乾土効果による窒素無機化の促進が生じた可能性がある。
- c)  $\text{SRI} \times \text{開空度}$  が増大すると年平均地温は増大する傾向があるものの、年平均土壌体積含水率との関係はみられなかった。しかし、G 区のみでは含水率と強い負相関が認められた。
- d)  $\text{SRI} \times \text{開空度}$  の値は、群状伐採による地温上昇と乾土効果という窒素無機化への複合影響を1つの数値指標で表現し得るとともに、さらに伐採前に伐採後の影響予測ができる可能性がある。
- e) 年間  $\text{NO}_3\text{-N}$  生成量・窒素無機化量の多い場所が必ずしも A 層 (10cm) 移動量が多いことはなく、G 区においても下層植生等による吸収とのバランスが浸透移動量に影響していると考えられた。
- f) 流域①の平成 24 年の整備前後から平成 28 年まで、溪流水質に顕著な違いはみられなかった。今後、今回得られた解析結果を、異なる形状の群状伐採地において調査し普遍性を確認することで、一般化をはかっていくことが重要である。また、通常間伐や広葉樹混交など顕著な日射影響が伴わない場合は、 $\text{SRI} \times \text{開空度}$  にくわえて無機化のソースである土壌養分や閉鎖林分の安定した土壌含水率の決定要因の指標、例えば TWI 値などとともに解析することで、溪流水質に影響する土壌窒素無機化の推定精度を向上させていく検討が必要である。

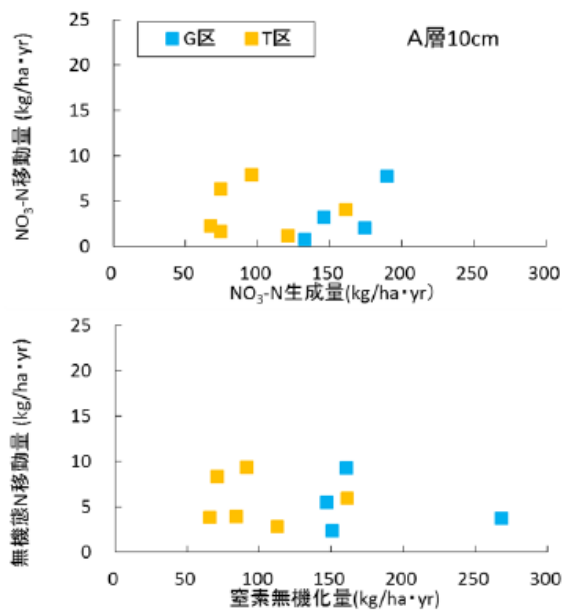


図9  $\text{NO}_3\text{-N}$  生成量、窒素無機化量と  $\text{NO}_3\text{-N}$  移動量無機態窒素移動量との関係

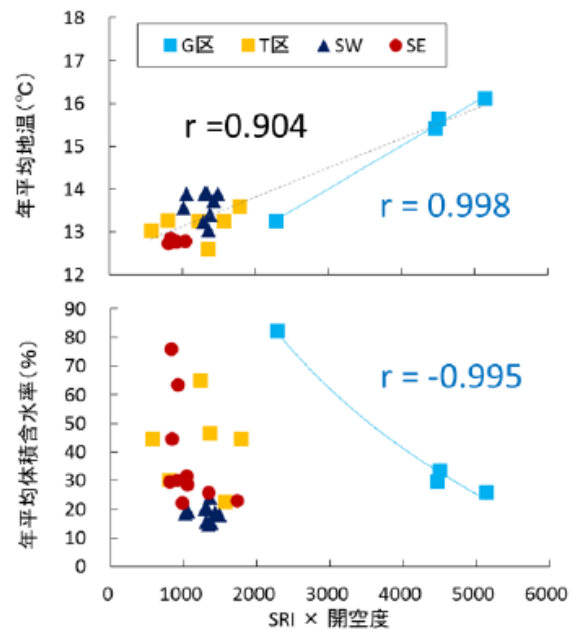


図10  $\text{SRI} \times \text{開空度}$  と年平均地温、年平均堆積含水率との関係

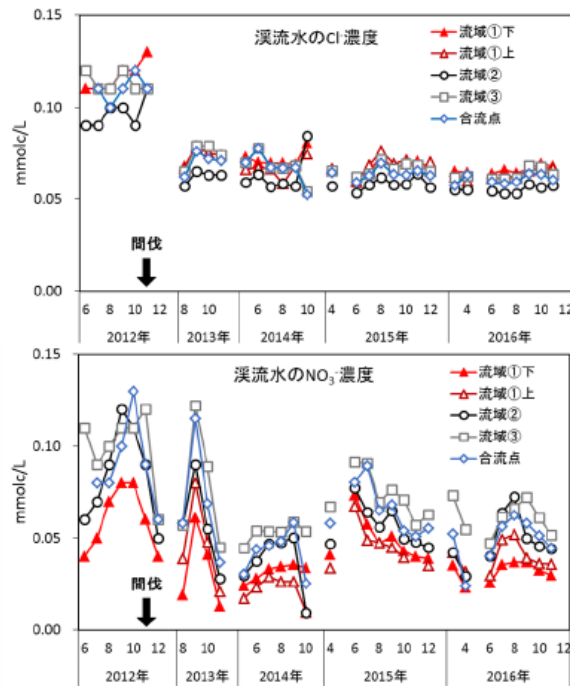


図 11 渓流水の水質の推移 ( $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ )

貝沢流域内の小流域（流域①、②、③）をはじめとして森林小流域は、人為的な汚染源がないことから下流域と比べ細菌の調査データは少ない。しかし、土壌バクテリア等の自然由来の微生物相に関しては、森林の水源涵養機能における渓流水質形成を考える上でも知見を集積していく必要がある。本研究では、森林立地が渓流水質、特に渓流水中の細菌数に対する影響を明らかにするため、河畔域での細菌相とともに、森林小流域における渓流水質調査を実施した。調査項目は、一般的な水質調査項目である一般生菌（環境中に存在する生菌の現存量として把握）・大腸菌群（土壌バクテリアなどの主に土壌中の自然由来の菌が含まれ、土壌流出との関連要因として把握）・大腸菌（野生動物との関連要因として把握）の3種とした。その結果、以下の知見が得られた。

a) 大腸菌は土壌  $7.6 \times 10^8$  ≧ (<) 底泥  $1.6 \times 10^2$  > 渓流水  $1.3 \times 10$ 、大腸菌群は土壌  $2.6 \times 10^3$  ≧ 底泥  $2.7 \times 10^3$  > 渓流水  $3.9 \times 10$ 、一般生菌は土壌  $4.5 \times 10^5$  > 底泥  $8.1 \times 10^4$  > 渓流水  $1.2 \times 10^2$  で検出され、通性嫌気性細菌である大腸菌群は、底泥でも土壌と同程度分布していた。

b) 渓流水中の細菌数がヌタノ沢や大洞沢で多くシカ採食圧の影響が示唆された。ヌタノ沢は、シカ生息密度が高く、大腸菌の流入ポテンシャルが高いうえ、一般的に大腸菌群の吸着が弱いといわれる花崗岩質土壌であることから、とくに渓流水中へ流出しやすかったと考えられる。

c) 渓流環境から予測される溪流への土壌侵食の増大や、有機物流入の多さと細菌数への影響は明瞭ではなく、さらなる情報の蓄積が必要である。

今後、森林生態系－河畔域における細菌相の関連性や細菌が渓流水中へ流出するメカニズムを解明に向け、①同じ流域内での採水地点数を増やした今回の傾向を検証、②細菌数の季節的変動のモニタリング、③糞便汚染の由来把握、浮遊土砂量・浮遊有機物との量的関係性の解析等、が必要と考えられる。

## (8) 今後の課題

・平成 28 年度に実施した流域 2 の整備（間伐、一部帯状伐採、木材搬出）の効果についても、平成 24 年度整備の効果検証で得られた知見を踏まえて検証していく必要がある。

・今後も試験流域内では水源の森林づくり事業の目標林型に向けて繰り返し森林整備が行われていくことから、それに合わせてモニタリングも継続していき、定期的に整備が行われることや目標林型への誘導について有効性を検証していく必要がある。

・基本的なモニタリングを継続しながら、当該地域の水流出機構や水質形成機構について明らかにし、当該地域の水源林整備に反映させる必要がある。

#### **(9) 成果の発表**

金澤悠花ほか（2014）群状伐採施業が流域の水収支・流出特性・土砂流出に与える影響、第125回日本森林学会大会。

白木克繁ほか（2013）貝沢試験流域における隣接する三流域の降雨流出特性と浮遊土砂動態、神奈川県自然環境保全センター報告、10：81-89。

辻千智ほか（2013）神奈川県の貝沢試験流域における窒素動態特性、神奈川県自然環境保全センター報告、10：91-99。



- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発  
 (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発  
 B. 対照流域法による総合モニタリング

- (1) 課題名 **Bd. ヌタノ沢モニタリング調査**  
 (2) 研究期間 **平成 19～28 年度**  
 (3) 予算区分 **県単（水源特別会計：森林環境調査）**  
 (4) 担当者 **西口孝雄・内山佳美・横山尚秀・大平充・三橋正敏**

**(5) 目的**

かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、対照流域法等の手法を用いてモニタリング調査を行う。ヌタノ沢試験流域においては、平成 26 年 4 月に A 沢全体を囲む植生保護柵が完成し、以降は対策を実施していない B 沢を対照区として A 沢における下層植生回復と水や土砂の流出の変化を検証するため各種測定を行う。

**(6) 方法**

既存の観測システムによる水文観測などモニタリング調査を継続した。次の業務のうち、③の分析については、(株) 新日本環境調査が受託して実施した。

① 気象・水文観測

既存の観測システムによる常時観測（気象 1 地点、水文 2 地点）を継続した。加えて、A 沢の量水堰の上流と下流の計 2 地点にロガー式水位計、A 沢および B 沢の各量水堰の湛水部に EC メータを設置し、常時観測と同様に 10 分間隔でデータを取得した。さらに、洪水時の水質や浮遊土砂量を把握するために、A 沢と B 沢の各量水堰に自動採水器を設置し、出水時の河川水を採取し水質分析、浮遊土砂量分析を行った。

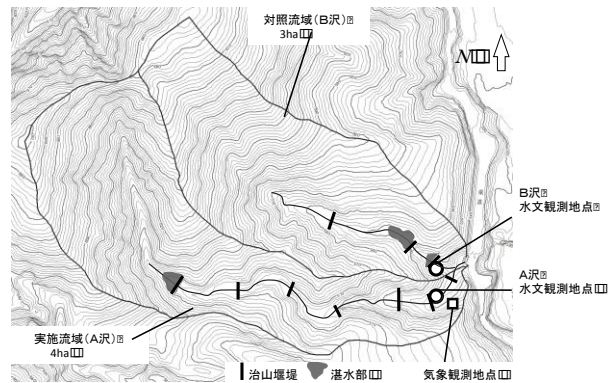


図 1 ヌタノ沢試験流域

② 流域内の植生被覆等調査

既存の 11 箇所の立木プロット（10×10m）において、夏季（8～9 月）及び落葉後（12 月）に、各プロット 1m 四方のコードラート 5 箇所（または 3 箇所）の林床合計被覆率測定を行った。また、夏季の流域内の林床被覆の分布について、流域内の踏査により調査した。

③ 表層土壌の <sup>137</sup>Cs 濃度と粒度分布

H27 までに <sup>137</sup>Cs 濃度を分析した流域内の土壌試料のうち 84 試料について、粒度分析 (JIS A 1204、沈降分析含む) を行った。

**(7) 結果**

① 水文観測結果

2016 年（1～12 月）の年間降水量は 2390mm であり、年間流出量は A 沢が 557.2mm、B 沢が 1535.5mm であった。流況は、A 沢は降水量の多寡によって変動し不安定であるが、B 沢は比較的安定している。水収支についても、年による降水量の多寡はあるものの流域ごとに概ね一定の傾向がみられた。すなわち、A 沢は年降水量のうち 2～3 割が流出し 7～8 割が損失水量（蒸発散量、深部浸透量など）となり、B 沢は年降水量のうち 6～7 割が流出して 3～4 割が損失水量となる。加えて、A 沢 B 沢ともに年間の直接流出量は年降水量の 1 割前後と同程度であった。

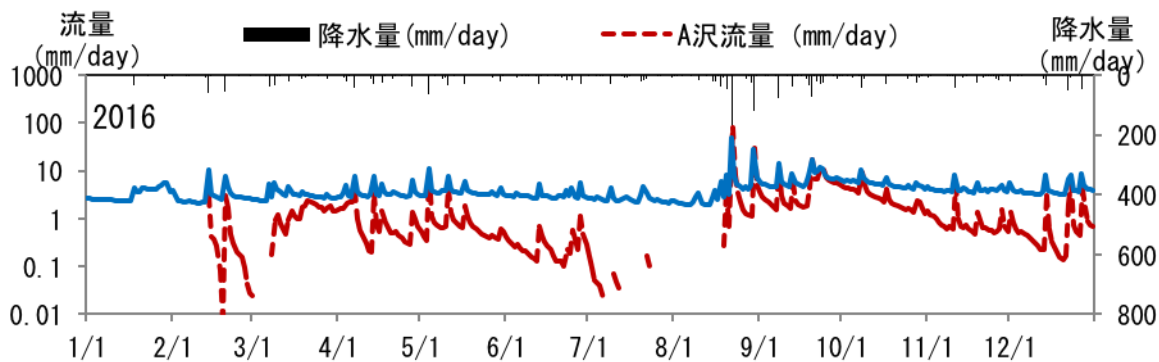


図2 ヌタノ沢のハイドログラフ (2016.1~12)

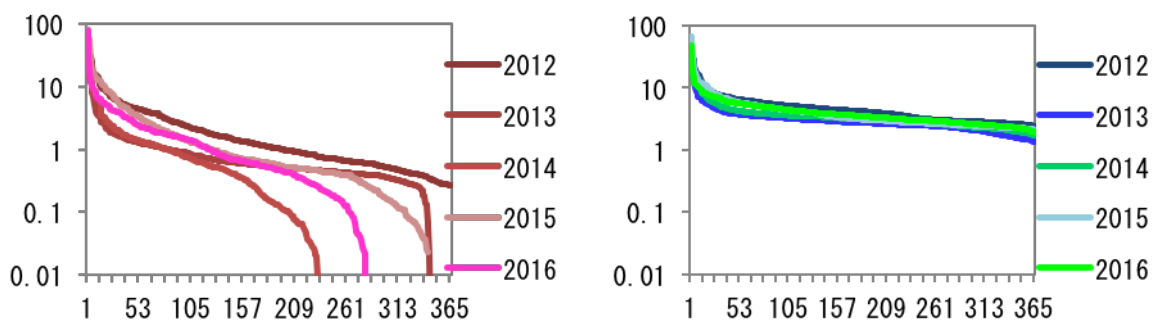


図3 流況曲線 (左: A 沢、右: B 沢)

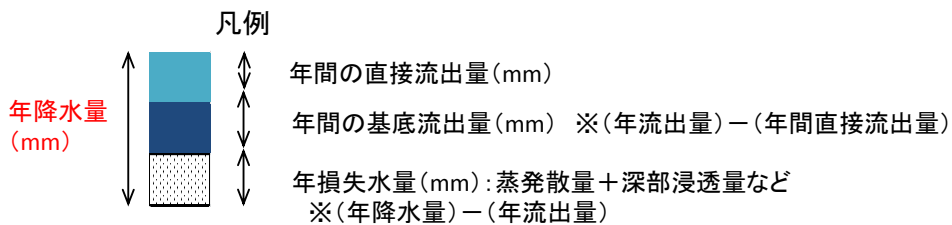
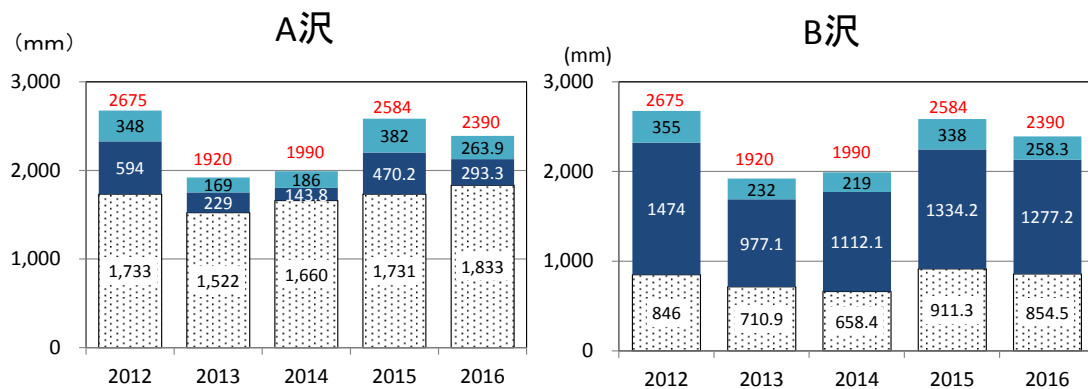


図4 水収支 (2012~2016 年)

②直接流出量の経年変化

流域内の下層植生の回復によって降雨に伴う直接流出量の減少が予想されることから、A 沢における植生保護柵設置前の 2012~2013 年と設置後の 2014 年以降の直接流出量の変化を検討した。図 5 から経年的な変化の傾向は明瞭でなく、初期流量 (降雨前の流量) を考慮した場合でも観測事例が限られていたこともあり経年変化は認められなかった。

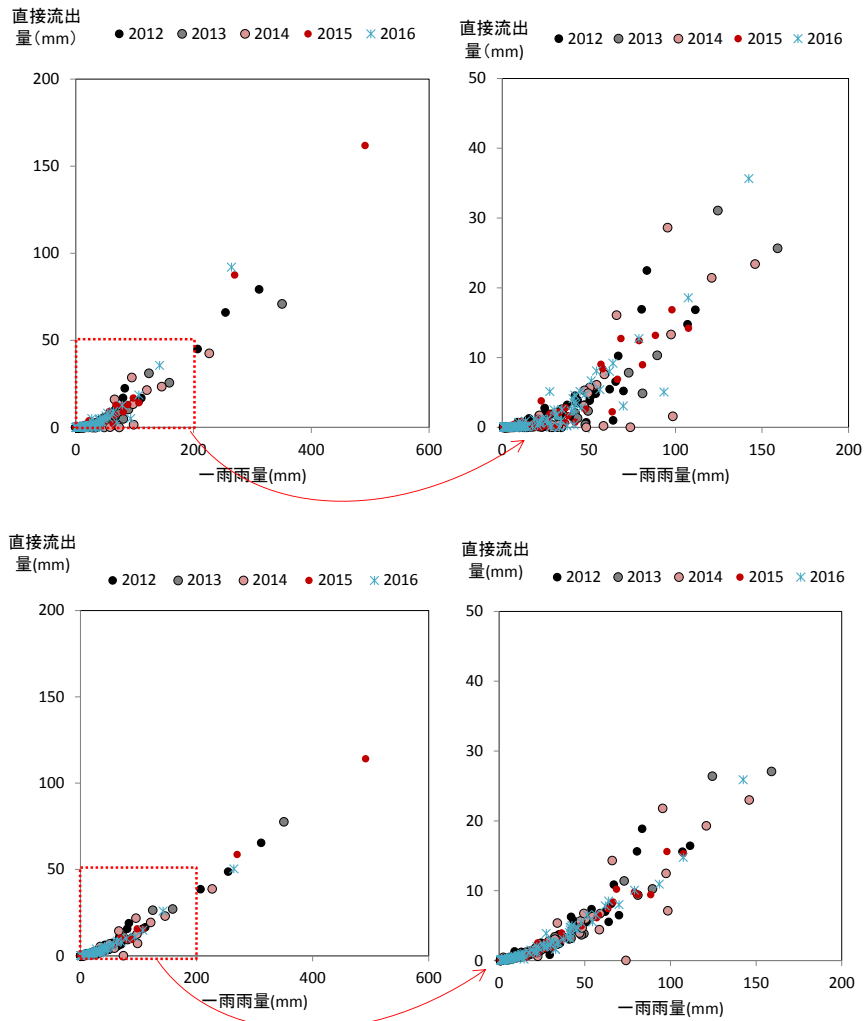


図5 A 沢およびB 沢の年ごとの直接流出量（上：A 沢、下：B 沢）

### ③濁度の経年変化

流域内の下層植生の回復によって降雨の際の地表流発生に伴う濁度の流出が減少すると予想されることから、A 沢における植生保護柵設置前の 2011～2013 年と設置後の 2014 年以降の濁度発生事例について経年変化を調べた。特に、出水時のピーク濁度に注目したところ、柵設置前は B 沢よりも A 沢のほうがピーク濁度が大きい事例が多かったが、柵設置後、特に 2016 年は、A 沢のほうが B 沢を下回る事例が増えた。また、夏季（7～9 月）の濁水発生事例について、ピーク流量とピーク濁度の関係をみたところ、A 沢では、特にピーク流量 50l/s 以下の時に同程度のピーク流量でも柵設置前より柵設置後のほうがピーク濁度の値が低い傾向が見られた。

表 1 濁度の発生事例の内訳

	冬季 1～3月	春季 4～6月	夏季 7～9月	秋季 10～12月	計
2011	0	6	5	3	14
2012	4	4	3	2	13
2013	2	3	5	1	11
2014	2	1	6	3	12
2015	0	3	8	3	14
2016	0	2	9	5	16
季節ごと計	8	19	36	17	80

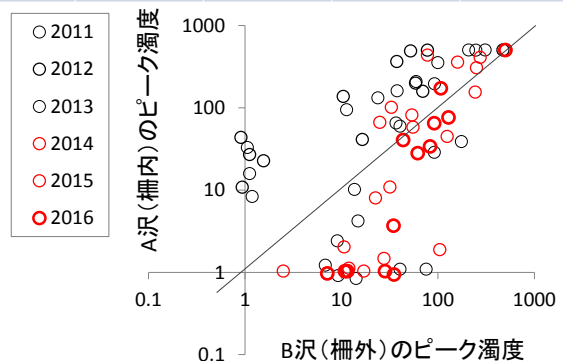


図 6 出水時の A 沢と B 沢のピーク濁度の関係の推移

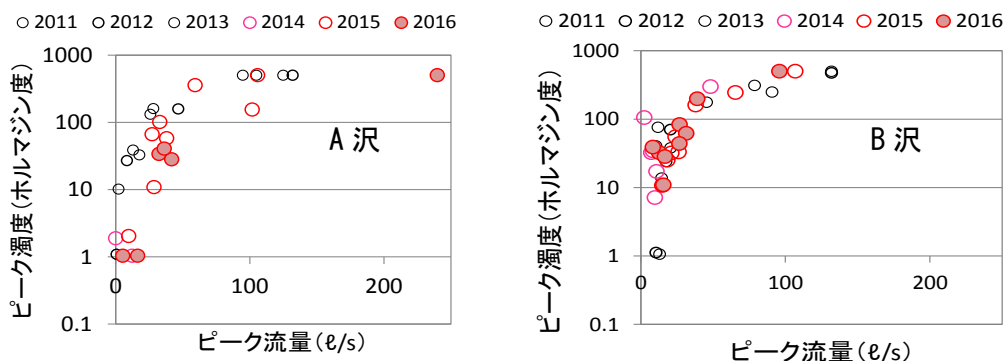


図7 柵設置前・後のピーク流量とピーク濁度の関係（夏季のみ）

④水質（硝酸態窒素濃度）の経年変化

裸地化していた流域内を植生保護柵で囲みシカを排除することで、下層植生が増加することが見込まれるが、増加した下層植生による硝酸態窒素吸収の効果によって、流域内で窒素分がより多く消費されて下流に流出する窒素濃度が減少すると予想される。

そこで、植生保護柵を設置した2014年4月の前後を通して平水時の渓流水の硝酸態窒素濃度の経年変化を把握した。

図8より、A沢とB沢の各流域末端（量水堰）における硝酸態窒素濃度の経年変化は、柵設置前後を通して概ね同等で推移し、大きくは中川本流とも連動していた。2015年後半でA沢の流域末端の濃度がB沢よりも低下しているが、流出が不安定（降雨に伴い堰からの越流がみられるようになるが、しばらくすると越流が無くなること繰り返される）な時期であり、その後2016年も9月以外は渇水傾向であったため、引き続き流出の安定した時期も比較検討していく必要がある。

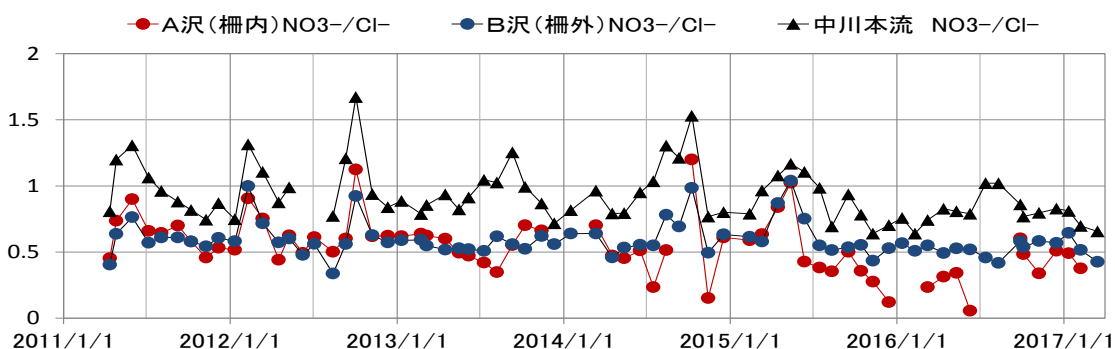


図8 水質（NO3-）の時系列変化の比較（A沢とB沢の各流域末端と中川川本流）

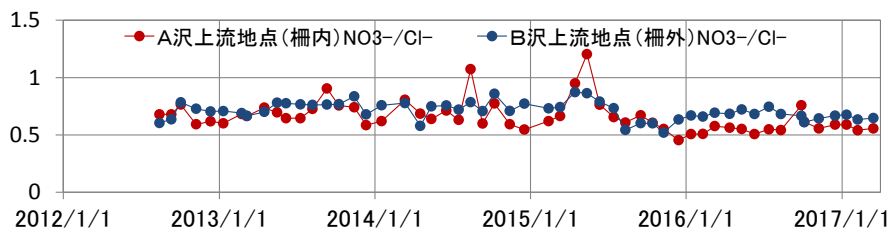


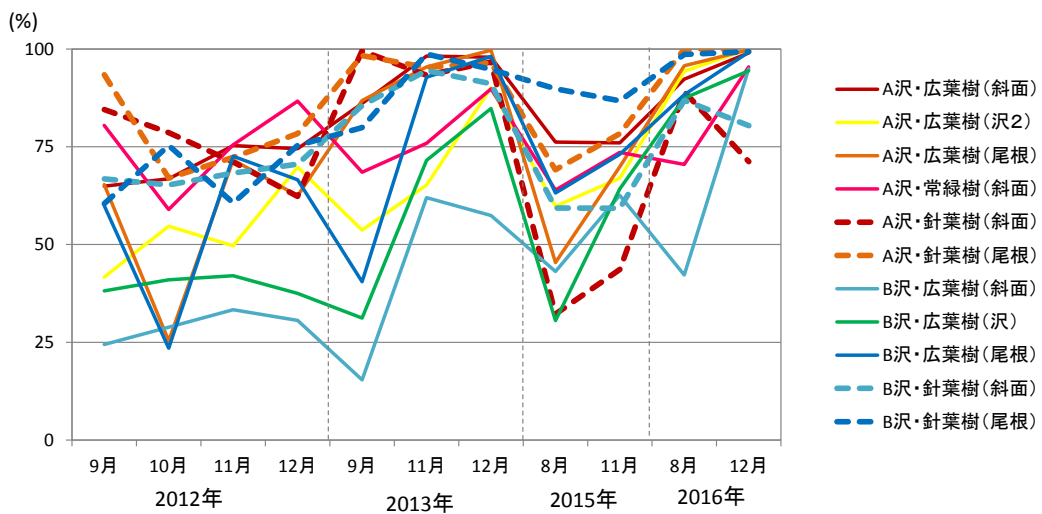
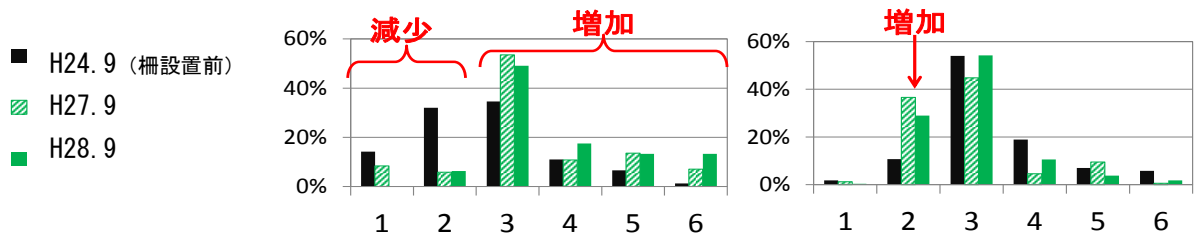
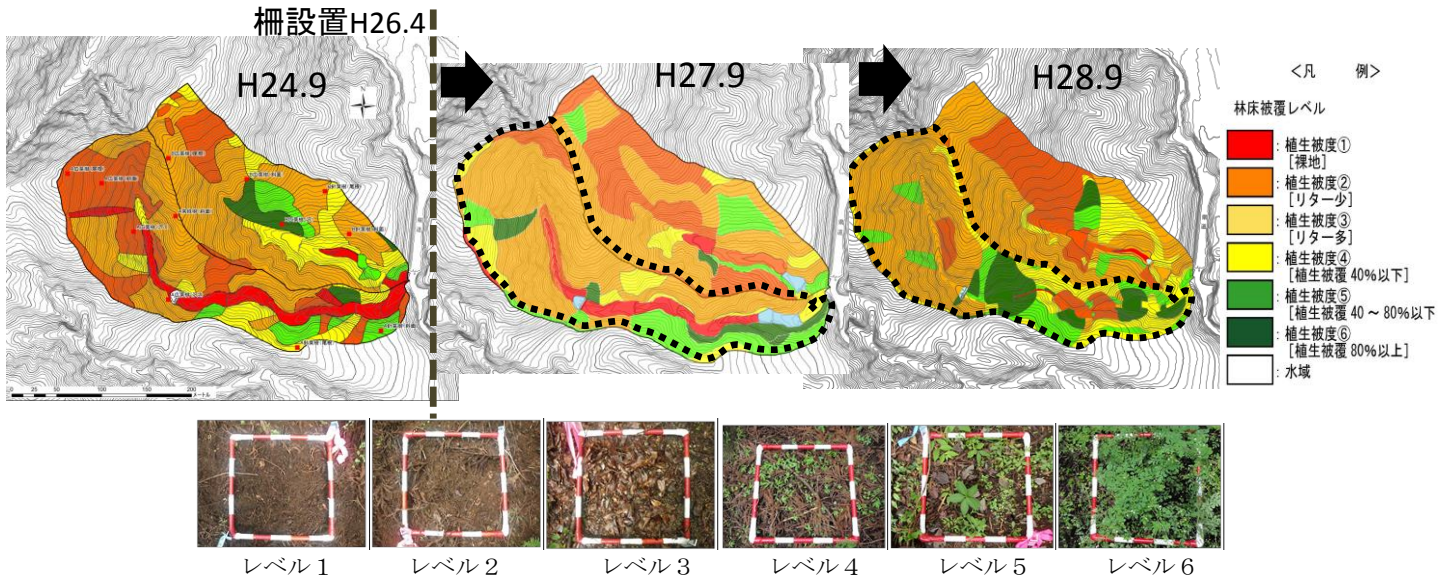
図9 水質（NO3-）の時系列変化の比較（A沢及びB沢の上流地点）

⑤既存立木プロット等における植生被覆等調査

植生保護柵を設置した流域は、下流側を中心に下層植生が一層増加した。A沢およびB沢流域内の林床被覆レベルごとの面積割合について、2012年と2015、2016年で比較したところ、A沢では裸地やリター少に区分された面積の割合が減少し、リター多い・植生被度40~80%、植生被度80%以上に区分された面積の割合が増加した。B沢では、リター少に区分された面積

の割合が大きく増加するなど総合的には横ばいか劣化の傾向であった。

既往の立木プロットにおける 1m×1m コドラートの林床合計被覆率の推移については、大きくは夏季に低下し落葉後に高くなる季節変動がみられるが、2016年の夏季はほとんどのプロットで被覆率が低下せず維持され、大きな降雨がなかったためと考えられた。



### ③表層土壌の<sup>137</sup>Cs濃度と粒度分布

H27年度までの土壌試料採取及びセシウム濃度分析に関して、地点ごとのセシウム濃度のばらつきが大きく流域内の土壌侵食の傾向が明瞭でなかったことから、セシウム濃度に関連があると思われる土壌試料の粒度分布を分析した。その結果、<sup>137</sup>Cs濃度と粘土(0.005mm)の量との関係など、想定したもともとの土壌物理性との関係は明瞭ではなかった。

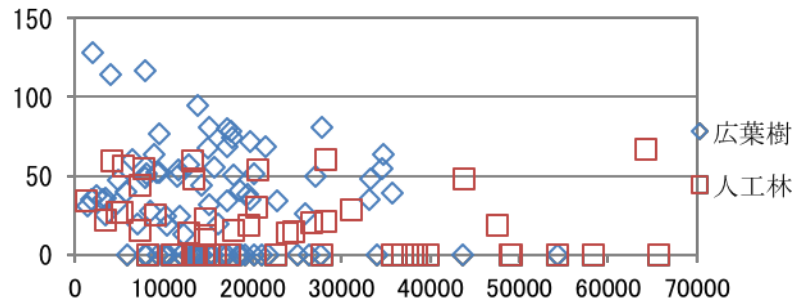


図13 セシウム<sup>137</sup>Bq/m<sup>3</sup>と1m<sup>2</sup>採取層あたりの粘土の乾燥重量(kg)

### (8) 今後の課題

・検証の筋書き(仮説)に従って植生保護柵設置後の水や土砂の流出の変化を継続して把握する必要がある。また、植生保護柵を設置したA沢の流域内の植生回復に伴い、詳細な植生調査も定期的に行う必要がある。

・特にA沢の流出量が少ないなど流域として特異な点もみられることから、基本的なデータを蓄積して流出機構についてある程度解明する必要がある。

### (9) 成果の発表

内山佳美ほか(2015)西丹沢ヌタノ沢の流出特性, 神奈川県自然環境保全センター報告, 13: 39-47

横山尚秀ほか(2013)西丹沢ヌタノ沢の水文地質と流出状況, 神奈川県自然環境保全センター報告, 10: 101-113.

(2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発  
(2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発  
B. 対照流域法による総合モニタリング

- (1) 課題名 Be. フチヂリ沢モニタリング調査  
(2) 研究期間 平成19～28年度  
(3) 予算区分 県単(水源特別会計：森林環境調査)  
(4) 担当者 内山佳美・横山尚秀・三橋正敏

(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、対照流域法等の手法を用いてモニタリング調査を行う。そのため、森林整備などの操作を行う前に、実験流域と対照流域の自然条件についての類似性や各々の特色について現状での流域特性として把握し、森林の操作後に比較できるようにデータを整備しておく必要がある。また、県内4箇所に設定した試験流域は、いずれも地形・地質等の水源環境の基礎的な性質が異なるため、地域ごとの水文特性を把握し水源環境の管理に反映させることも必要である。そこで、南足柄市のフチヂリ沢試験流域において、気象・水文観測を中心とした基盤としたモニタリング調査を行った。

(6) 方法

フチヂリ沢試験流域において、平成23年度に整備した気象・水文観測施設により観測を行うとともに、水流出等の各調査を行った。本調査は、日本工営(株)が受託して実施した(詳細は、委託報告書参照)。

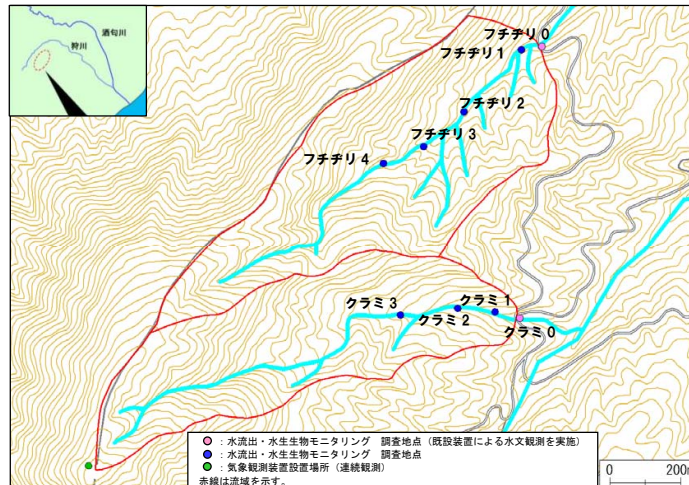


図1 調査地点

①水流出調査

水文観測(2地点)のデータ回収を行うとともに、気象・水文観測で得られたデータを整備した。併せて、概ね2ヶ月に1回の頻度で平水時の流量観測・水質分析を計9地点で行うとともに、降雨による流量増加時の流量観測の結果も踏まえて、水位-流量算出式を検討した。

水質分析は、月1回(全7回)の調査のうち、夏季(8月)、冬季(12月)については、全9地点で水質分析用サンプルを採取し、下記項目の分析を行った；①水素イオン濃度(pH)、②電気伝導率、③カルシウムイオン、④カリウムイオン、⑤ナトリウムイオン、⑥マグネシウムイオン、⑦塩化物イオン、⑧硝酸イオン、⑨硫酸イオン、⑩アンモニアイオン。

②土砂流出調査

調査期間中の出水後に上流域の踏査により洪水痕跡や河床の土砂移動状況を確認した。

(7) 結果の概要

主な調査結果は次のとおり(調査結果全体は、委託報告書参照)。

①降水量

平成 27 年(2015 年) 1～12 月の降水量は、2683mm であり、月別にみると台風等の影響で 9 月の降水量が 450mm であったものの、例年に比べて全般的に少雨であった。年降水量を他の試験流域等と比較すると、2015 年までの傾向と同様に、大洞沢に次ぐ降水量であった。

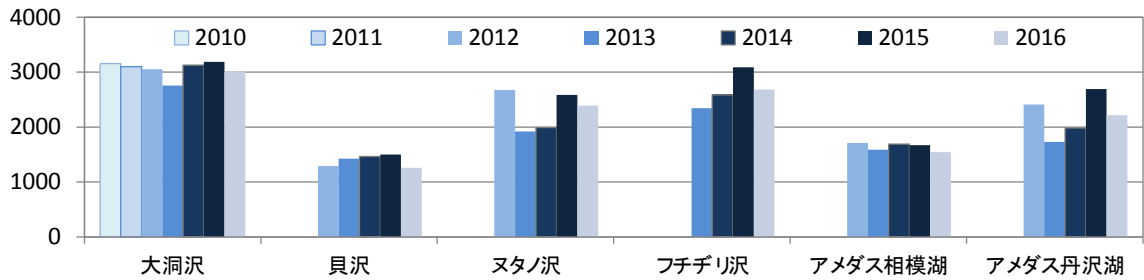


図 2 年降水量の推移(各試験流域と近傍のアメダス)

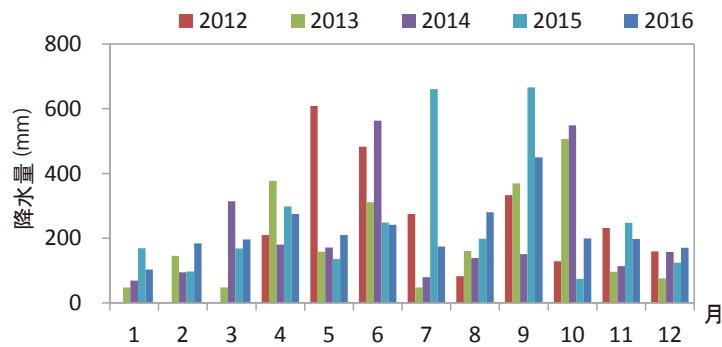


図 3 月別降水量(2012. 4-2016. 12)

②流量観測

8、10、12、2 月に全 9 地点における流量観測を行った。これまでの観測結果と同様に、クラミ沢よりもフチヂリ沢の流量が多く、また、フチヂリ沢では上流から下流になるに従い流量が増加する傾向であったが、クラミ沢では明瞭でなかった。

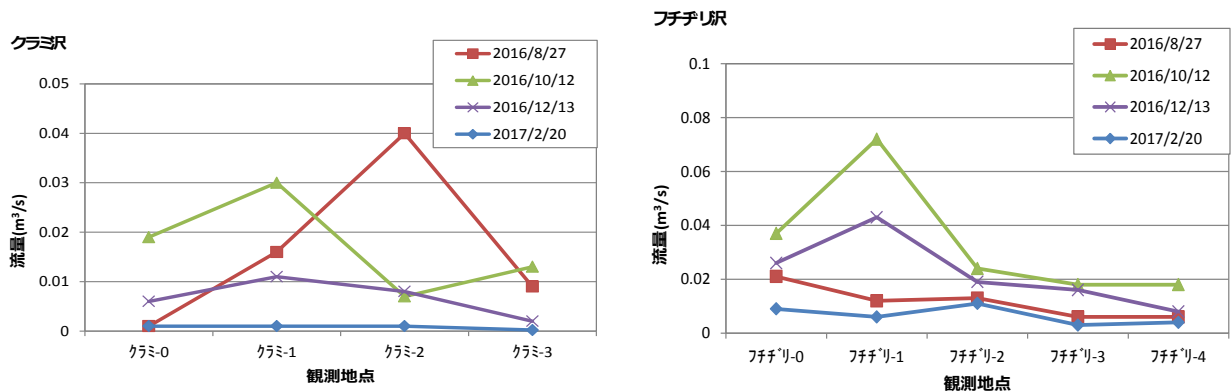


図 4 観測地点別の平水時流量



台風 12 号接近の影響で降雨のあった平成 28 年 9 月 8 日に出水時の観測を実施した。9 時 45 分から 16 時 10 分までの間にクラミ沢、フチヂリ沢において各 13 回、それぞれ 30 分間隔で流量観測と水質分析用試料採取を行った。

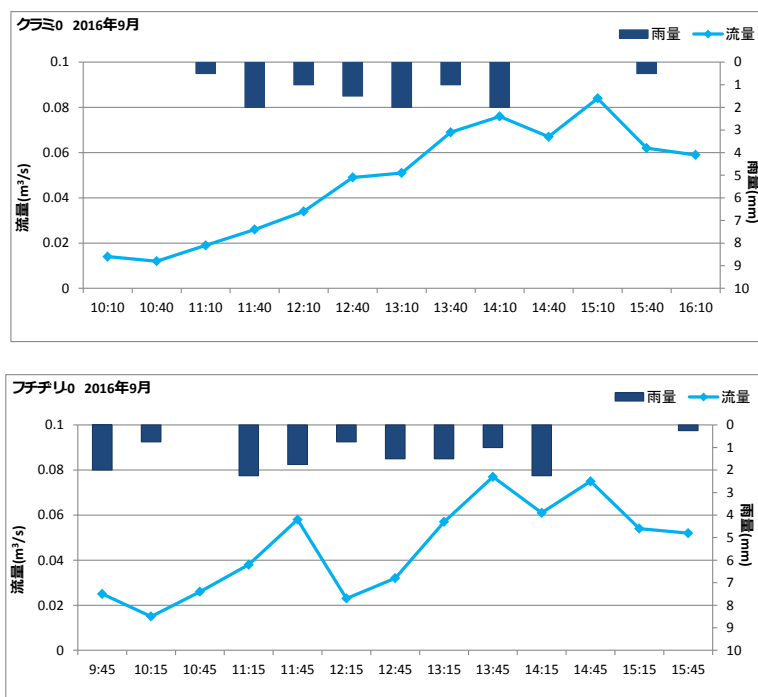


図 5 降水量と流量実測結果

### ③H-Q 曲線の検討

観測開始以降のこれまでの流量実測データも活用して、水位流量換算式の検討を行った。昨年度の算出では、特にクラミ沢で水位と流量が連動しない場合があったことから、水位計出力値 (V) の換算式も含めて再検討を行ったところ次のとおりとなり、H27 年度の換算式の不具合は解消された。

クラミ沢  $y = 1.605x - 1.662$      $x$ : 水位計出力値 (V)    $y$ : 水位 (m)

クラミ沢  $Q=14.16 \times (H+0.008)^2$     ※適用水位: 0.00~0.07m

フチヂリ沢  $y = 1.463x - 1.292$      $x$ : 水位計出力値 (V)    $y$ : 水位 (m)

フチヂリ沢:  $Q=5.20 \times (H-0.205)^2$     ※適用水位: 0.25~0.33m

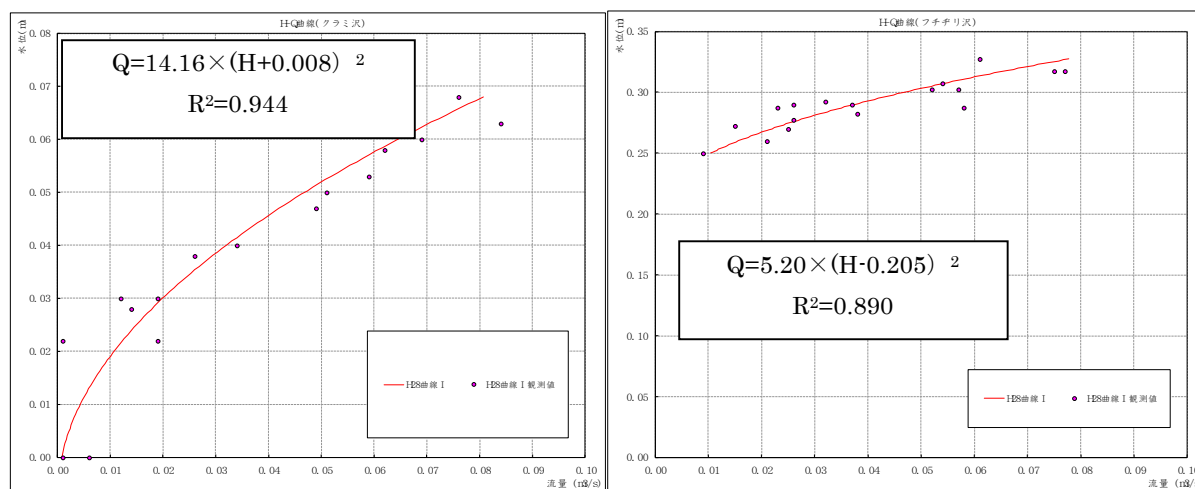


図 6 H-Q 曲線(左:クラミ沢, 右:フチヂリ沢)

#### ④平水時の水質の経年変化

夏季及び冬季の平水時の渓流水水質分析を行うとともに、経年変化について確認した。ほとんどの項目で変化は見られなかったが、硝酸態窒素のみ、クラミ沢で平成 25、26 年度に高かった。

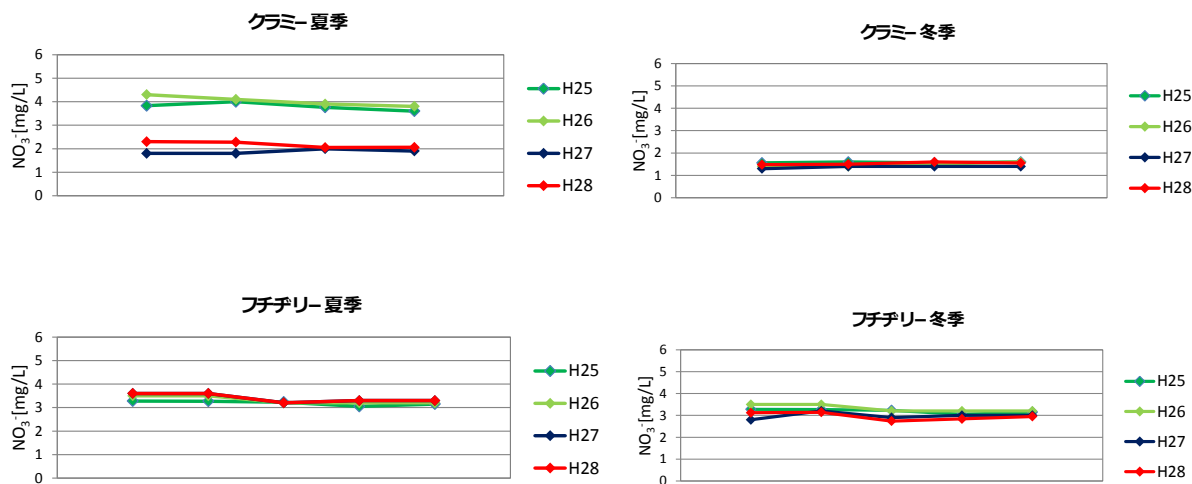


図 7 平水時の渓流水の硝酸態窒素濃度の経年変化

#### (8) 今後の課題

- ・平成 24 年度以降の連続観測により、着実にデータが蓄積されており、水位流量換算式も整理されつつあることから、水収支をはじめ流出特性を検討するための各種解析を行う必要がある。
- ・これまでも低水位時の流量データの精度が低いことが認識されていたが、複数年の実測データを用いた検討により、河道断面形状の変化による影響もあることがわかったため、今後も台風等の出水の時点で水位流量換算式をつくりなおすなどの対応が必要である。
- ・フチヂリ沢試験流域は、土地は公有地であるが、水源の確保地、承継分収林、官行造林地など、複数の形態によって管理されているため、対照流域試験における操作実験のシナリオについて調整していく必要がある。当該試験流域にふさわしい実験計画を検討するにあたっては、流域の水文特性などの自然条件も重要であることから、それらを早い段階で把握していく必要がある。

#### (9) 成果の発表

なし

- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発  
 (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発  
 B. 対照流域法による総合モニタリング

- (1) 課題名 Bf. 水循環基礎調査（水循環基礎調査(1)—2016年度に実施した水質調査結果（一般水質および安定同位体）—）  
 (2) 研究期間 平成25年度～  
 (3) 予算区分 県単  
 (4) 担当者 内山佳美・横山尚秀・三橋正敏・大平 充・丸山範明・島田武憲

(5) 目的

森林の水環境モニタリング調査として、かながわ水源エリア内に設置した4試験流域で、対照流域法に基づき森林管理後の水環境への影響を調査している。影響の出現は中長期に亘ると考えられる上、気象による影響、さらに流域特性が出現に影響すると考えられることから、これらを踏まえて対照流域法により試験流域内で水質観測調査を行っている。調査項目は、洪水時の出水状況を解析調査するため、流域末端の量水堰で水温、電気伝導度、濁度などを連続観測する共に、基底流出時の水質を追跡調査するため、定期的に流域内で流量と採水・水質分析調査を行っている。ここでは、当所が主担当のヌタノ沢の定期水質調査結果について2016年分を報告し、さらに渇水期の臨時調査として2016年11月に行った調査結果を基に、他試験流域と特徴を比較する。なお、この調査では、一般水質に加え、トレーサーとなる安定同位体比を調査項目に加えた。

(6) 方法

定例観測調査として、ヌタノ沢のA流域とB流域で毎月1度の頻度で採水し、水質変化を調べている(表1)。分析項目は陽イオン( $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $NH_4^+$ )および陰イオン( $Cl^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ )である。さらに、随時調査として渇水期の2016年11月に4流域一斉に現地調査を行い、流量調査を兼ねて水質調査を行った。流量は、三角堰では常時圧力センサーで越流水位を、随時は容積法で計測した。溪流部では電磁流速計で流速を測って断面一流速法で流量計算した。なお、上記水質分析は当所実験室にてイオンクロマト法で分析した。なお、随時調査では上記分析項目に加え炭酸( $HCO_3^-$ )、珪酸( $SiO_3$ )および安定同位体( $\delta^{18}O$ 、 $\delta D$ )を調査(外部委託分析)した。

表1 試験流域の観測地点

流域名	面積 (ha)	地形・地質	調査地点	観測項目	備考
大洞沢	56.3	急峻山地、第三紀凝灰岩	本流7ヶ所 支流No.3、No.4 上崩壊地	随時観測 水温、pH、EC、一般水質、安定同位体、流量	常時観測として水温、EC、濁度
貝沢	86.4	急峻山地、中生代・古第三紀頁岩	本流No.4、No.5	同上	同上
ヌタノ沢	7.0	急峻山地、石英閃緑岩	A沢4ヶ所 B沢4ヶ所 合流点	定例観測 水温、pH、EC、一般水質、安定同位体、流量	同上
クラミ沢 ・フチジリ沢	33.8 42.3	箱根火山外輪山	各1ヶ所	随時観測 水温、pH、EC、一般水質、安定同位体、流量	同上

## (7) 結果の概要

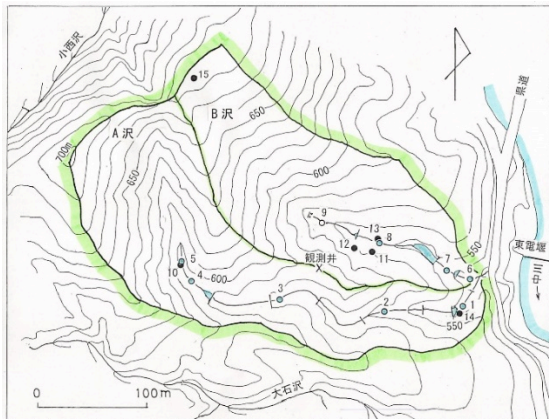


図1 ヌタノ沢の水質等調査地点

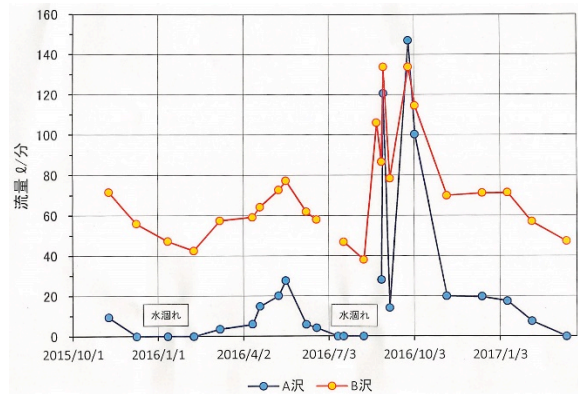


図2 量水堰の水量実測結果(2016年)

試験流域の調査項目は表1のとおりである。その中からヌタノ沢の調査結果について、概要を次に記載する。

ヌタノ沢は、周囲を小西沢、大石沢および中川で囲まれた急傾斜の小流域で、南側のA沢、北側のB沢で構成されている(図1)。両沢共に上流部の湧水を水源とし、際下流部で合流し、中川に注いでいる。A沢をシカ柵で囲い、B沢を対照流域として調査観測を行っている。

2016年は年降水量が2,390mmで、過去5年間では3番目とほぼ平年並みであった。中でも8月の台風接近に伴う大雨と直後の流量増加が特徴的であった(図3)。しかし、冬季と夏季の渇水時にA沢で水涸れが生じた。これらのことを踏まえ、水質観測結果について整理した。

### ア 2016年の定例水質調査結果

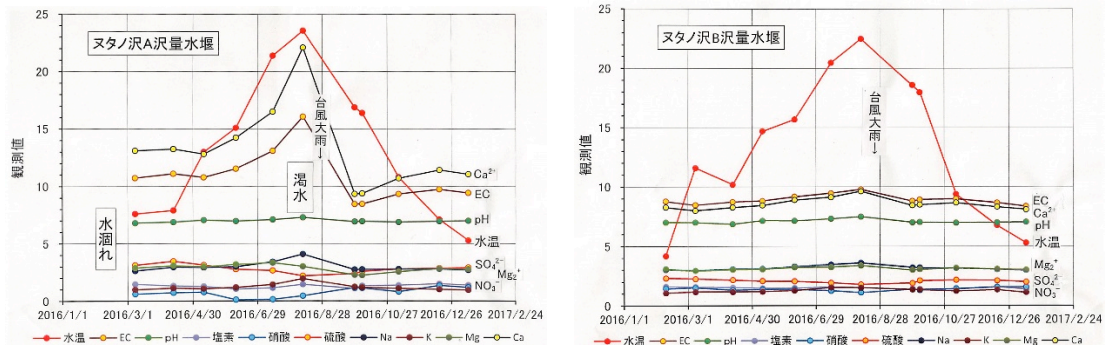


図3 ヌタノ沢のA沢量水堰(左)およびB沢量水堰(右)の水質観測結果

2016年の降水量はほぼ平年並みであったが、調査結果に及ぼした気象現象は、1~2月と7~8月の降水量が少なかったためA沢の流水が涸れたこと、そして春季の降雨と8月下旬の台風接近による大雨でA沢の流水が復活したことであった。この傾向を反映し、A沢の水質では6~8月にECが大きく上昇、さらに $\text{Ca}_2^+$ を筆頭に、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ などが増加し、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ が僅かに減少した(図1左)。B沢ではEC、 $\text{Ca}_2^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ などに僅かな増加が認められ、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ に僅かな減少が生じた。これらの変化は、降雨と関連がある年間の流量の季節変動が一因と考えられる。

水質項目の中から、陸水の富栄養化と関連する $\text{NO}_3^-$ の2010年以降の分析値を用いて、長期的な変化傾向を調べたところ、図4のとおりであった。作図に当たって、A沢の表流水が流程の治山堰で堰き止め池があること、満砂状態の堰で流水が、堆砂中に伏没浸透してしまうことが多いことから、流程で水質変化が生じることも考えられるので、水質に最上流の定点と、最下の量水堰の値を選び、表示した。

図4によると、両沢共に堰や池の影響がない最上部の値が大きく、とくにA沢最上部堰上と中でも最も大きく、5mg/lを超えることがある。測定期間が同一でないが、A、B沢の夫々の測定値の近似直線から変化傾向を図でみると、いずれも勾配がマイナスで、濃度低下の傾向が認められる。

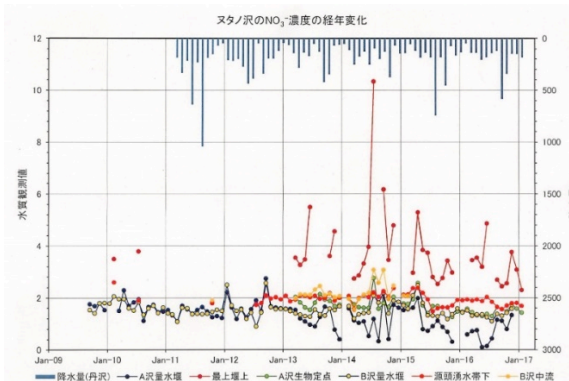


図4 ヌタノ沢のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の傾向 (No.1、4、6、9)

他流域の濃度傾向も参考にすると、大気汚染の改善を反映した低減傾向の可能性が高いが、大気データ等で確認する必要がある。なお、A沢の上流でNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が高くなることは、流量が少なく、かつシカ柵設置前であったので、鹿等の獣の影響が残っていた可能性がある。今後の経過を見守る必要がある。

イ 2016年の臨時水質等調査結果

湧水期の水質と渓流水（流量）について調査を行っている。2016年11月の調査結果を表2に示した。ヌタノ沢のA沢では、源頭湧水の水量はB沢に比べ降雨の影響を受けやすく、湧水期には湧水量の減少が顕著で、流量は50l/分以下で、下流部ではほとんど流量がなくなる（図5左）。この間、水質のCa<sub>2</sub><sup>+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の増加、K<sup>+</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の減少が認められた。しかし、B沢では最小でも50l/分程度は確保されている（図5右）。一方、B沢では地点9の湧水に加え、地点8-7の間には地下水の染み出しが認められ（地点11、12、13）ているが、水質での変化は顕著でない。

ウ 安定同位体

ヌタノ沢等の試験流域の渓流水のかん養減は流域内に降った降水と考えられる。そこで、ヌタノ沢では、尾根とA沢量水堰で降水を、同時にA沢、B沢で沢水を毎月採水し、共に安定同位体

表2 2016年湧水期(2016年11月)の4試験流域の水質等調査結果

流域	番号	試料名	採水年月日	水温(現地) ℃	電気伝導度 µS/cm	pH	Cl <sup>-</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Mg <sup>2+</sup> mg/l	Ca <sup>2+</sup> mg/l	SiO <sub>2</sub> mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	流量 l/分
ヌタノ沢	1	ヌタノ沢下流水(標高534m)	2016/11/7	-	1.45	7.35	0.82	6.1	0.47	0.83	0.46	0.19	0.09	0.28	0.5>	0.13	-
	2	A沢量水堰(中川1)	"	10.8	9.33	6.88	1.36	46	0.81	2.79	1.09	2.55	10.70	20	0.01	20.0	
	3	A沢狭隘部(中川24)	"	10.7	8.47	7.08	1.42	40	1.44	2.60	2.74	1.92	2.77	8.54	18	0.00	16.6
	4	A沢生物定点(中川5)	"	12.0	8.14	7.06	1.53	39	1.49	2.24	2.83	1.44	2.71	7.83	18	0.00	30.0
	5	A沢最上堰上(中川16)	"	11.4	7.81	7.03	1.59	35	2.57	2.30	2.74	1.86	2.57	7.09	19	0.00	31.6
	6	A沢源流湧水	"	12.3	8.45	7.13	1.61	39	2.41	2.41	3.16	2.15	2.71	7.83	20	0.00	-
	7	A沢本流湧水下	"	11.3	8.11	7.19	1.61	37	2.46	2.32	2.99	1.98	2.84	7.53	20	0.00	30.5
	8	B沢源頭湧水(中川7)	"	10.5	7.94	7.20	1.52	38	1.61	2.39	3.11	1.46	2.84	7.23	18	0.00	60.6
	9	B沢狭隘部(中川8)	"	10.8	8.43	7.22	1.45	41	1.67	2.26	3.13	1.20	3.08	7.97	20	0.00	81.5
	10	B沢堤び管No.1	"	11.7	7.48	7.11	1.18	40	1.09	2.12	3.02	0.82	3.07	6.86	24	0.00	-
	11	"No.2	"	10.4	7.83	7.10	1.13	40	0.40	1.78	2.60	0.77	3.01	7.78	24	0.15	-
	12	"No.3	"	11.4	11.77	6.97	1.59	50	1.76	1.91	3.87	1.14	5.12	11.33	32	0.00	-
	13	B沢生物定点(中川9)	"	10.5	8.96	7.07	1.42	45	1.48	2.19	3.17	1.17	3.22	8.54	21	0.01	90.4
	14	B沢量水堰(中川2)	"	9.4	9.01	7.00	1.40	46	1.43	2.17	3.18	1.23	3.19	8.67	21	0.01	70.0
	15	ヌタノ沢上流水(標高684m)	"	-	1.27	7.29	0.77	5.5	0.80	0.70	0.55	0.26	0.12	0.56	0.5>	0.10	-
フチジリ沢	16	湧水湧下	2016/11/8	12.0	8.66	7.13	2.02	44	2.51	1.76	3.94	0.61	2.75	8.69	29	0.00	77.2
	17	堰下	"	10.5	8.72	7.17	2.05	43	2.67	1.89	4.04	0.62	2.82	8.38	29	0.00	614.1
	18	林道橋下	"	10.3	9.35	7.23	2.18	45	2.75	2.04	4.27	0.57	3.22	8.99	29	0.00	915.6
クラミ沢	19	堰下	2016/11/9	10.5	7.65	7.21	2.15	37	1.91	2.02	3.38	0.53	2.10	8.02	26	0.00	95.1
	20	中流	"	10.9	7.56	7.25	2.10	37	1.67	2.00	3.24	0.51	2.30	7.60	26	0.00	122.8
貝沢	21	林道橋下	"	11.5	8.13	7.30	1.99	40	1.78	1.93	3.29	0.53	2.58	8.42	26	0.00	102.9
	22	No.3下本流	2016/11/21	11.4	11.13	7.24	2.21	32	2.08	18.80	4.92	0.27	2.91	11.08	20	0.00	174.1
	23	No.4堰	"	11.3	10.93	7.25	2.17	32	2.12	18.32	4.92	0.26	2.90	10.85	20	0.00	165.9
	24	No.5堰	"	11.1	11.07	7.25	2.24	34	2.42	16.80	5.01	0.31	2.96	11.15	20	0.00	448.7
	25	本流黒道橋下	2016/11/14	10.5	9.66	7.05	1.27	51	1.68	2.61	2.69	0.95	3.52	10.69	14	0.02	1442.3
大洞沢	26	No.3堰	"	11.4	8.08	7.15	1.08	44	1.30	1.69	2.37	0.29	2.91	8.87	14	0.01	137.2
	27	花岸湧水	"	12.7	8.87	7.14	1.46	45	2.02	2.92	2.34	0.21	2.99	10.13	15	0.00	62.1
	28	No.4堰下	"	11.8	12.07	7.14	1.30	68	1.97	2.40	3.00	0.15	5.36	12.71	15	0.01	243.5
	29	本流No.4合流前	"	11.0	9.16	7.13	1.27	49	1.76	2.65	2.70	0.18	3.17	10.37	13	0.00	595.6
	30	本流No.1上	"	11.4	9.76	7.20	1.31	52	1.74	2.69	2.71	0.17	3.59	10.89	14	0.00	895.8
	31	本流源流部	2016/11/15	12.3	8.90	7.21	1.38	46	1.91	2.51	2.26	0.28	3.27	9.89	14	0.00	34.0
	32	本流崩壊地湧水合流下	"	12.0	8.99	7.24	1.36	48	1.79	2.44	2.41	0.22	3.30	9.94	15	0.00	428.8
	33	支流	"	11.5	9.32	7.23	1.17	49	1.61	2.86	3.20	0.10	3.25	10.19	12	0.00	202.8
	34	本流支流合流前	"	11.7	9.09	7.23	1.37	48	1.54	2.56	2.56	0.21	3.15	10.30	14	0.00	388.9
	35	観測井B2上湧水	"	12.9	11.18	7.24	1.69	60	1.94	2.49	3.13	0.10	4.43	12.15	16	0.00	10.8
備考	分析者等		白金温度計	自保保C、実験室内計測	自保保C	自保保分析C	自然環境保全センター								自保保分析C	自保保C	自保保C

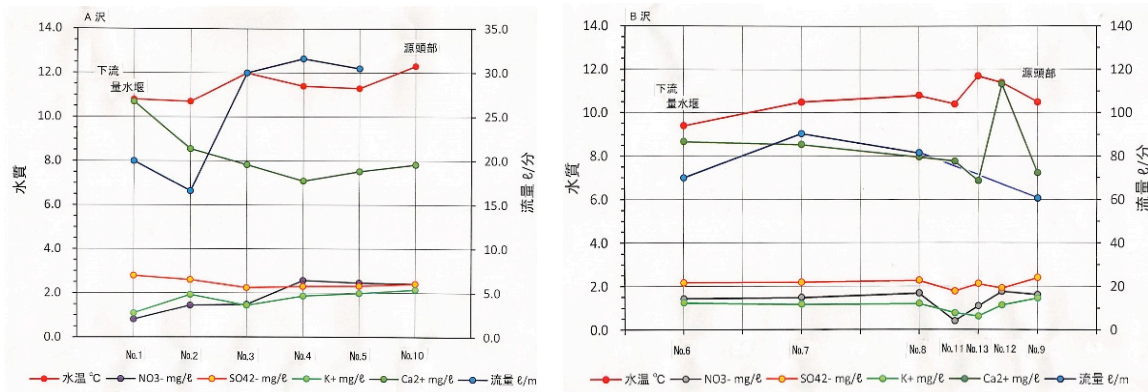


図5 ヌタノ沢の臨時調査結果(2016年11月、分析値は表1に示す)

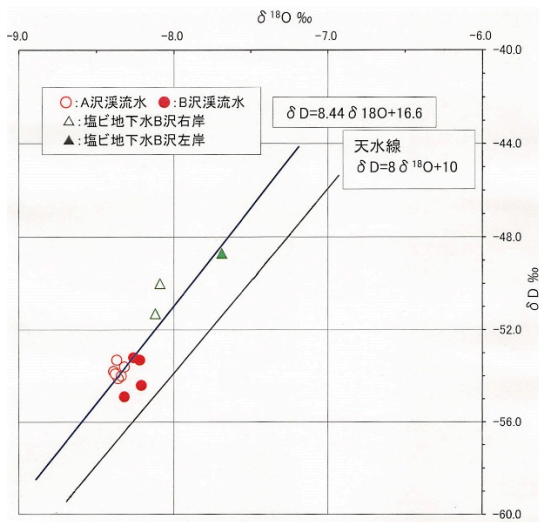


図6 ヌタノ沢の $\delta D$ と $\delta^{18}O$ の関係

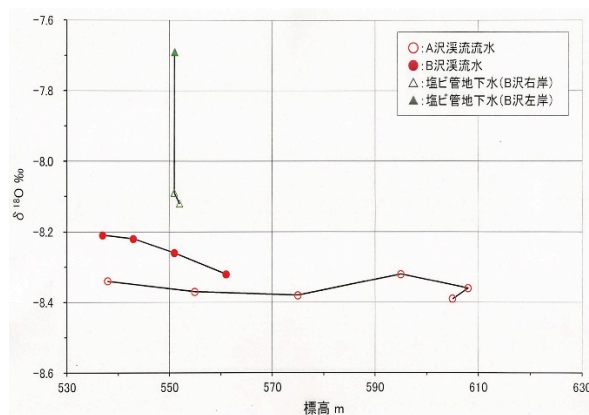


図7 ヌタノ沢の渓流水と地下水の $\delta^{18}O$ と標高

( $\delta^{18}O$ 、 $\delta D$ )の計測を開始した。また、他の試験流域の量水堰でも採水・分析を開始した。水循環解析のトレーサーとして両者の相互関係の解析が欠かせないと考えている。

図6には渓流水と地下水の $\delta D$ と $\delta^{18}O$ との関係を、図7には $\delta^{18}O$ の標高との関係を示した。源頭部に少量の湧水があるが途中で涸れるA沢と、豊富な湧水で流水が安定しているB沢の流程での濃度変化の差を裏付ける結果と考えられる。すなわち、図7によると $\delta^{18}O$ はA沢が比較的均一な値であるが、B沢では下流で次第に重くなる傾向がある。B沢の両岸から湧出する地下水の値は渓流水よりかなり重く、この地下水流入により渓流水が重くなる傾向となると推定される。しかし、水循環解明に向けた調査結果の解析には、安定同位体の季節変動、高度効果など、降水を含めて解析する必要があるので、継続的に調査を進め、水循環機構の解明に結び付けたい。

### (8) 今後の課題

数年の観測・調査結果から、長期傾向として水質向上が認められた。しかし、施業後に間伐やシカ柵設置など流域管理の効果が中長期的に如何に出現し、把握できるかは、長期に亘る良好な観測調査結果に掛かっている。変動量の大きい降水量(気象)の影響、短期的な季節変動と併せて解析する必要があり、行き届いた施設管理、観測精度管理を行っていかねばならない。

### (9) 成果の公表

なし

- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発
  - (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発
    - B. 対照流域法による総合モニタリング

- (1) 課題名 **Bg. 水循環基礎調査（水循環基礎調査(2)—2016年度に実施した地下水水位および流量の観測結果—）**
- (2) 研究期間 **平成25年度～**
- (3) 予算区分 **県単**
- (4) 担当者 **内山佳美・横山尚秀・三橋正敏・大平 充**

**(5) 目的**

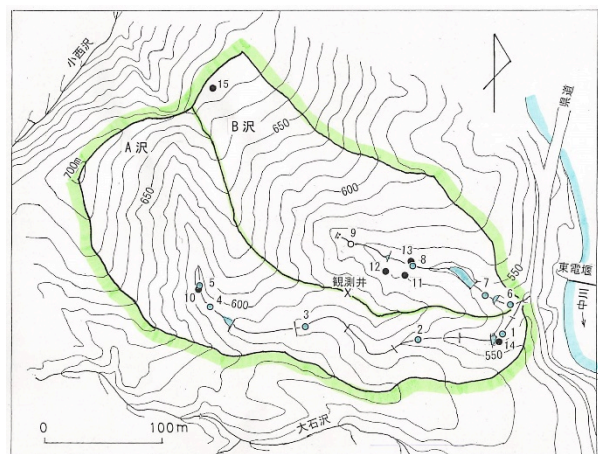
水環境モニタリング調査（水文関連）では、かながわ水源エリア内に設置した4試験流域で、シカ柵設置や間伐などの森林管理下における水循環基礎調査として、流域の気温、降水量などの気象データ、地下水水位、流量などの水文データを継続的に観測調査し、森林環境変化の進行とそれに伴う水循環過程上の変化を観測結果の中から捉え、森林管理の効果の評価に役立てる。このため、観測調査結果から、毎年の季節変化、経年変化等を明らかにした上で、溪流の流出および地下水水位の変化、年間の流況変化などを調べ、相互の関係や流域間の差の解析を進める。

**(6) 方法**

**表1 試験流域の常時観測地点**

流域名	面積 (ha)	地形・地質	水位(流量)測定	無降雨時の主水源	地下水水位観測
大洞沢(図 11)	56.3	急峻山地、第三紀凝灰岩	末端量水堰越流 No.1、No.3、No.4	崩壊地(No.4、上流湧水及び左岸湧水)	観測井 B1 (谷底) 観測井 B2 (斜面)
貝沢	86.4	急峻山地、中生代・古第三紀頁岩	量水堰越流 No.1、No.2、No.3、No.4、No.5	尾根、斜面の土層下から染み出し	観測井(No.3 横)
ヌタノ沢(図 1)	A:3.9 B:3.0	急峻山地、閃緑岩	A 沢、B 沢末端量水堰越流	源頭部湧水	観測井(A 沢-B 沢間尾根)
クラミ沢 ・フチジリ沢	33.8 42.3	箱根火山外輪山	両沢の末端流路	現頭部に小湧水 中流部崖錐帯湧水	観測井(フチジリ沢左岸)

試験流域内に設置した気象観測装置で降水量、気温、湿度および風速を自動観測すると共に、表1の量水堰または水路で越流水位、河川水位を連続観測し、H-Q式により流量換算して流量を把握する。さらに、地下水水位は、地質調査を兼ねて掘削した深度50mの観測井の孔内に圧力センサーを設置し、孔内水位を連続観測する。また、毎月の流量実測と水位ゲージ確認による点検を行うと共に、溪流と地下水との関係を把握するため、無降雨時に上流～下流間の流量変化を調査する(図1参照)。流速を電磁流速計で測定し、断面-流速法で流量換算する。



**図1 ヌタノ沢の流量調査地点および観測井**

## (7) 結果の概要

### ア 地下水位（水頭）

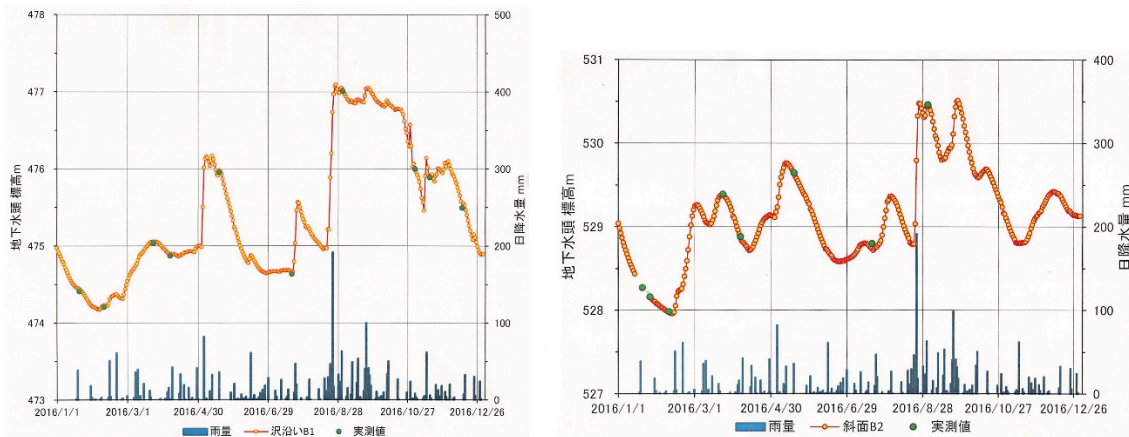


図2 大洞沢の地下水頭観測結果(2016年) (左図:B1、右図:B2)

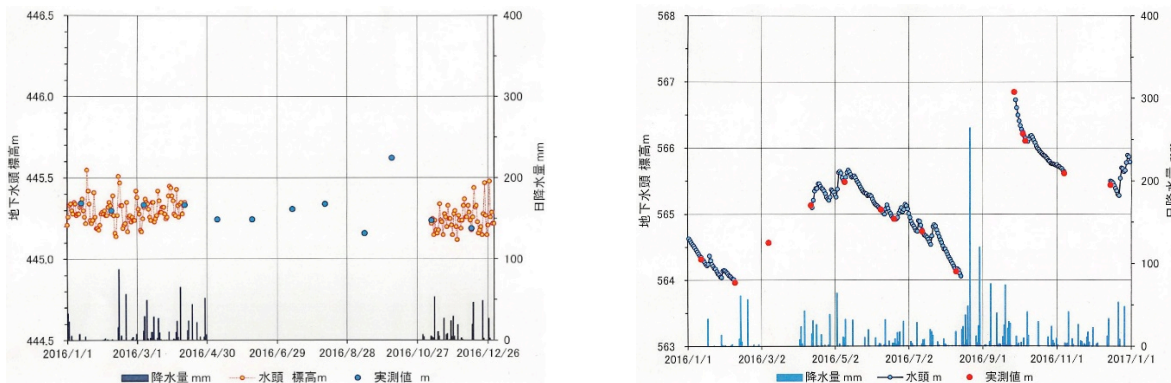


図3 フチジリ沢(左図)およびスタノ沢(右図)の地下水頭観測結果(2016年)

地下水が自噴する貝沢を除く3試験流域に設置した4観測井の2016年の観測結果を図2、3に示す(表1参照)。

大洞沢では、斜面に位置するB2の水頭の方が谷底にあるB1より降雨時の上昇が大きく、年間変動量はB2が2.5m、B1が2.93mとなっている。フチジリ沢観測井(図3左図)では、機器の調整に手間取り夏期が欠測となったが、年間変動量は0.5mと小さく、気圧変動の影響が大きい。

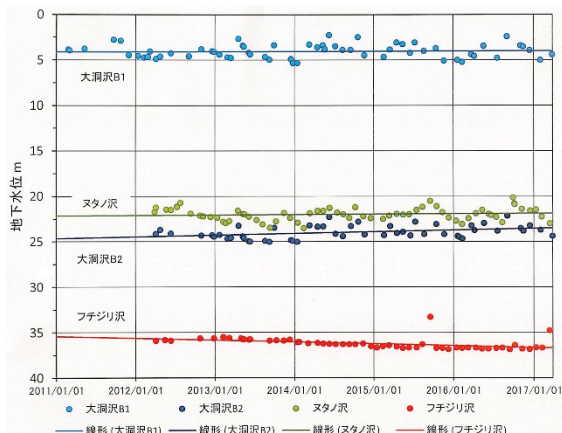


図4 地下水頭の実測値の変化傾向

スタノ沢観測井の水頭(図3右図)は、降雨ごとに上昇が認められ、降雨が続くと上昇が続く。その結果、春～初夏、初秋の山型の上昇変化が形成された。なお、8月の台風直後が欠測となったが、恐らく3~4mは上昇したと想像される。

これらの観測井で実測した過去5年間の水頭値について直線近似式を当てはめ、得られた直線の勾配から傾向を推定した(図4)。その結果、大洞沢B2は僅かな上昇傾向が、フチジリ沢では僅かな低下傾向が認められた。しかし、年降水量(図9)のばらつきを踏まえ、長期観測データでこれらの傾向を追跡・確認していく必要がある。



## イ 流量

2016（平成28）年の流量観測結果を図5～7に示した。2016年は、8月22日の台風9号による大雨の影響が特徴である。この大雨で土砂流出が発生し、量水堰で埋積やごみ除けの目詰まりが起こった。このため、大洞沢（図5）、ヌタノ沢（図6）および貝沢（図7）では改修までの間は、欠測や観測精度の低下が生じた。

試験流域の貝沢、ヌタノ沢およびクラミ沢・フチジリ沢では、水位-流量換算式の精度確認のため月1度の頻度で流量を実測している。そのデータを利用し、過去7年間（貝沢は5年間）の流量の変化を近似式の勾配で確認した（図8）。

ヌタノ沢Bやクラミ沢では低下傾向が認められたが、フチジリ沢と貝沢では低下傾向は認め

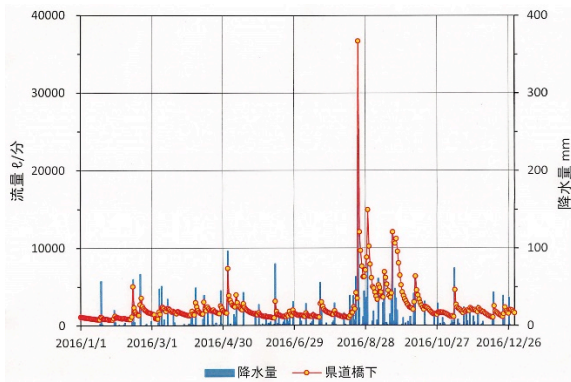


図5 大洞沢(県道橋下)の流量記録(2016年)

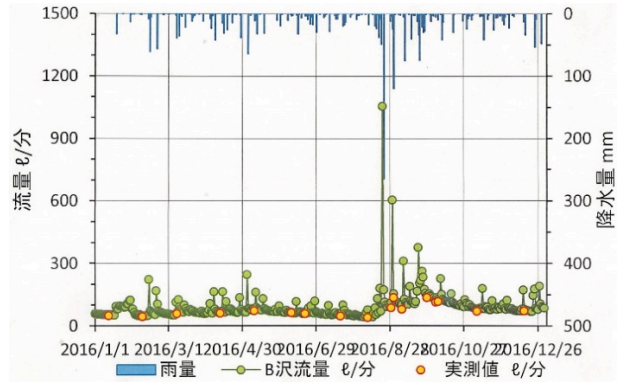


図6 ヌタノ沢B沢の流量記録(2016年)

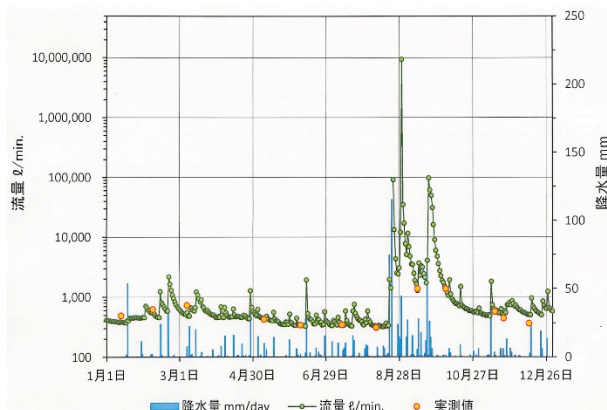


図7 貝沢(No.5)の流量記録(2016年)

られなかった。図9の県西部の降水量（アメダス）によると、年降水量の大きな変動の影響が出ていると考えられる。

さらに、1年間の流程上の流量変化について、ヌタノ沢について流量実測調査結果を整理した（図10）。2016年はヌタノ沢A沢、B沢共に、台風による大雨の影響を受けた9、10月の流量が他月と比べ飛びぬけて多かった。しかし、A沢では9月を除き地点3～地点2の間の伏没浸透による減少が明瞭である。一方、B沢では年間を通じて源頭部（地点9）の多量湧

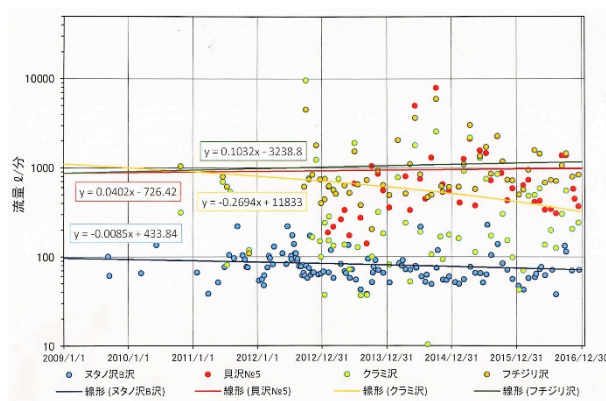


図8 試験流域の流量実測記録

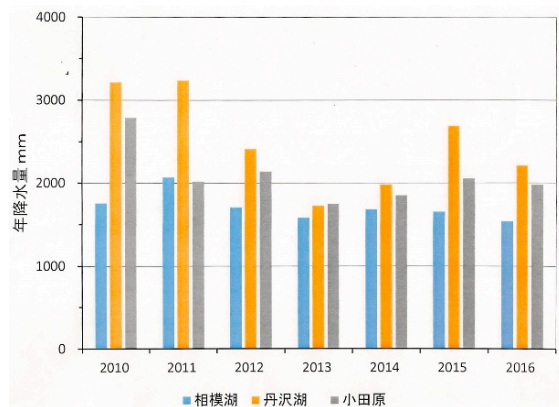


図9 県西部の年降水量変化(2010～2016)

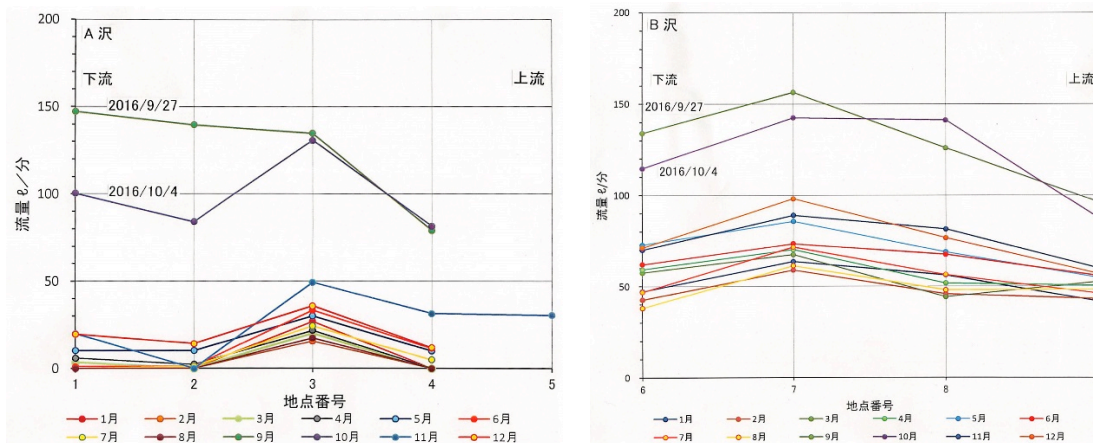


図 10 ヌタノ沢の定例流量調査結果(2016年、左:A沢、右:B沢、調査地点は図1に示す)

出と、地点9～地点7の兩岸の地下水滲みだしが確認されている。ヌタノ沢の地下水頭観測結果(図3右)から9、10月が降水頭時で、この期は豊富な地下水が源頭部や中流域の流水を増加させていたことがわかる。

#### ウ 地下水と渓流水との関係

地下水と渓流水の関係を無降雨時の流況から推定できる。大洞沢の場合、上崩壊地と崩壊地(流域No.4)に流量の豊富な湧水があって、年間を通して主水源となっている(図11)。上流～下流に至る流量変化を見ると、地下水湧出によるかん養は、図中に↓で示した崩壊地流域の支流流入で示した。一方、地点2～5の間(3、4)の流量は低減か微増となっている。ここに満砂状態の治山堰があって、表流水が伏没浸透しやすいためと考えられた。同様な解析をヌタノ沢、クラミ沢・フチジリ沢(崖錐湧水帯)で行い、基底流出時の主要なかん養源であることを確認した。

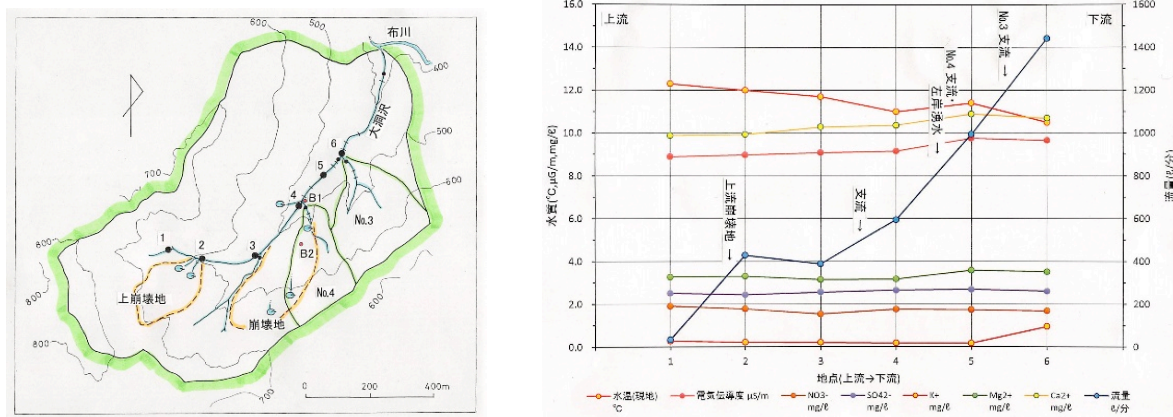


図 11 大洞沢の流量と水質の調査結果(2016.11、調査地点を左図に示す)

### (8) 今後の課題

長期傾向の把握に当たって、年降水量の変動、記録的な時間降水量が観測されている。このため、記録的な気象現象が中長期の観測調査結果の評価を困難にすると危惧されている。継続調査にあたって、内部要因である各流域特性と外部要因の気象、施業とを個別評価できる方策を検討しておく必要がある。

### (9) 成果の公表

なし

- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発
  - (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発
    - B. 対照流域法による総合モニタリング

- (1) 課題名      **Bh. 水生生物調査（統合解析）**
- (2) 研究期間    **平成 19～28 年度**
- (3) 予算区分    **県単（水源特別会計：森林環境調査）**
- (4) 担当者      **西口孝雄・内山佳美・大平 充**

**(5) 目的**

かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づく本研究課題は、森林整備の事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、県内に設けた試験流域において対照流域法等の手法を用いて流域スケールのモニタリング調査を行う。その実施方法は、森林整備などの操作を行う前に、実験流域と対照流域の自然条件についての類似性や各々の特色について現状での流域特性として把握し、森林の操作後に追跡調査を行うものである。一般に、森林整備等の実施による森林の状態の変化は、下流への水や土砂の流出に影響し、さらにそれが溪流環境とそこに生息する水生生物の変化に影響すると予想されるため、本モニタリング調査の一環として水生生物調査を行う。

**(6) 方法**

平成 26 年度までに、4 試験地（貝沢、大洞沢、ヌタノ沢、フチヂリ沢）の流域における底生動物および付着藻類についての事前モニタリングが終了している。このデータから、各流域の生物相の特性を把握することと、どのような要因がその生物相の差異に影響しているかを検討することによって、各試験地の特性に基づいた、事後モニタリングにおける今後の生物相の変化の見通しを考察することを目的とした。

①流域特性の整理

それぞれの流域の特性を表す指標値（以下、流域変数）として、潜在的な流域の侵食されやすさと関連すると考えられる地形的特性（平面形状：流路密度、形状係数、立体形状：平均斜面勾配、平均流路勾配）、そして森林整備に関連する集水域の林相（スギ林率、ヒノキ林率、落葉広葉樹率）、シカ密度（当該エリアのシカ糞塊密度）、また調査地点のその他の特性として降水量、標高、集水面積を用いた。値の取得には、地形的特性と林相、標高、集水面積は ArcGIS を用いて算出した。なお、これらの算出に関しては、観測流域全域のものではなく、その内部の採集地点の集水域のものとした（図-1）。またシカ密度については、糞塊密度調査により得られたデータから、それぞれの流域が含まれるメッシュ（5km 四方）を選定し 2007 年から 2012 年までの値の平均値を使用した。降水量については、2013 年の実測あるいは付近のアメダスデータを使用した。以上の値を、主成分分析（PCA）によって各流域を座標付けすることで、流域の特徴を検討した。

②底生動物

各流域での採集は、流域により異なる採集地点数（1～5 地点）であったため、採集地点の集水

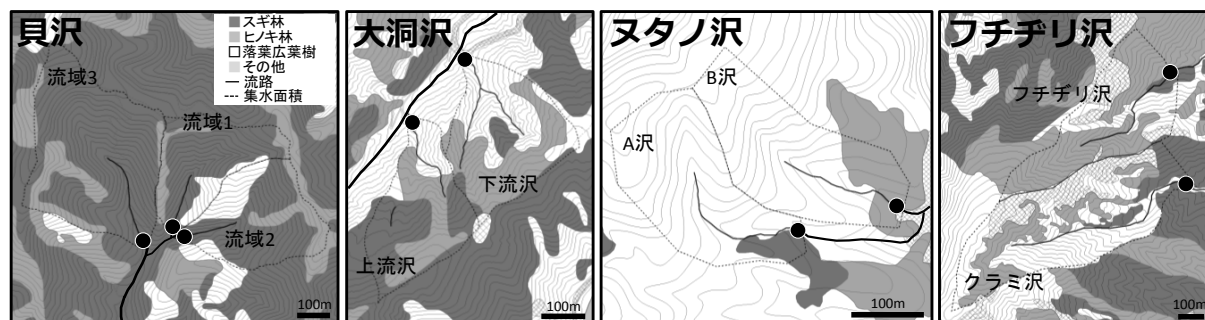


図 1 4 試験地における調査地点（黒丸）とその集水域（破線）の林相および地形

面積差を極力抑えた1地点を選定し、その夏期（8月）および冬期（12月）のデータを用いた。また、各流域での底生動物の採集は定性採集により行われたため、生息数の比較は難しいことから、底生動物を種（あるいは属）ごとに摂食機能群（採餌するもの、採餌の仕方）、生活型（行動様式）、世代時間（羽化する頻度、1世代の生活環の長さ）、生息場（瀬など侵食的な生息場と淵などの堆積的な生息場、以下侵食性と堆積性）といった種特性によって区分し、それぞれの流域の個体数比を比較した。

次に、PCAに対応した直接傾度分析である冗長性分析（RDA）を用いて、底生無脊椎動物の構成成分およびそれに基づく各流域の構成比を座標付けし、それを特徴付ける流域変数を選択した。この際、シカ密度、流路密度、落葉広葉樹林率で高い相関があったため、これらを個別に投入しその関連を検討した。

### ③付着藻類

底生動物と同様に各流域で1地点を選定し、夏期および冬期のデータを分析に用いた。単位面積（10cm<sup>2</sup>）あたりの種数および細胞数を用いて付着藻類量を比較した。また、構成種の差異として、珪藻における群体性と単細胞性の種に分類しその構成比を比較した。そして、付着藻類の生長に関連すると考えられる光環境として、河床への日射を遮蔽する常緑のスギ・ヒノキ林（針葉樹林）の被覆率と地形・方位により異なる直達日射量である陰影起伏値（0～255の範囲の値をとり、255のとき陰影がなく最も明るいことを示す）を用いた。針葉樹林率は上述の集水域のものとし、陰影起伏値は調査地点が含まれるメッシュ（10m×10m）の値を用いた。付着藻類の種数、細胞数、珪藻中の単細胞性の構成比との相関をGLMを用いて検討した。確率分布は種数についてはポアソン分布、極めてばらつきが大きかった細胞数と単細胞個体の構成比については疑似ポアソン分布を用いた。

## (7) 結果の概要

主な結果は以下の通りである。

### ①流域特性の整理

PCAによって各流域の座標付けとそれを特徴付ける各変数の影響の強さ（因子負荷量）を検討した結果、第一に各流域を特徴付ける第一主成分（PC1）に寄与した要因群は、形状係数、スギ林率（以上正の負荷）、流路密度、シカ密度、落葉広葉樹林率（以上負の負荷）となった（図-1）。各試験地と関連付けると、貝沢、フチヂリ沢、大洞沢、ヌタノ沢の順に形状係数、スギ林率が大きく、またこの順に流路密度、シカ密度、落葉広葉樹林率が小さいという傾向があった。

このため、森林整備におけるスギ林の間伐（貝沢）やシカ防除（大洞沢、ヌタノ沢）の帰

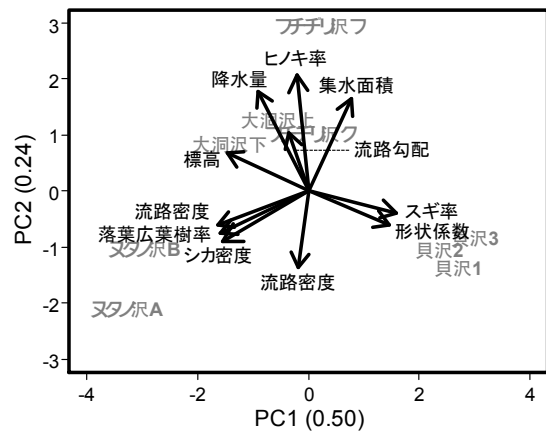


図2 主成分分析による各流域の座標付け（灰色の文字の位置）と流域変数の負荷（矢印）

表1 各流域の指標値

試験地	流域	流路密度	形状係数	流域勾配 (率)	流路勾配 (率)	スギ林面積 (率)	ヒノキ林面積 (率)	落葉広葉樹面積 (率)	シカ密度 (糞塊密度/km)
貝沢	流域1	1.99	3.01	0.56	0.18	0.63	0.16	0.21	0.07
	流域2	2.62	2.05	0.6	0.3	0.75	0.13	0.13	
	流域3	1.94	1.73	0.62	0.22	0.85	0.15	0	
大洞沢	下流沢	4.24	0.79	0.65	0.32	0.09	0.45	0.46	12.25
	上流沢	3.86	1.12	0.56	0.41	0.47	0.35	0.18	
ヌタノ沢	A沢	6.83	0.2	0.62	0.23	0.1	0.05	0.84	26.53
	B沢	5.57	0.24	0.57	0.26	0	0.21	0.77	
フチヂリ沢	フチヂリ沢	3.1	0.67	0.49	0.3	0.26	0.47	0.18	2.7
	クラミ沢	3.18	0.42	0.46	0.16	0.36	0.16	0.34	

結は、これらの影響と同時に地形の特性およびそれに関連する流域の侵食強度が流域の特徴として考慮することが必要であると考えられた。

②底生動物

RDAの結果、摂食機能群(第一軸(RDA1)による説明率0.49)、生活型(0.43)、分類群(0.41)に対し、世代時間(0.76)の構成比の説明率が高かった(図-4)。そして、シカ密度が有効な変数となり(p=0.02)、1年多化(1年未満の世代時間)の種群の構成比と正の関係があった。また、シカ密度と高い相関があった流域平均幅、落葉広葉樹林率、標高をそれぞれシカ密度の代わりに用いて解析した場合も同様の結果となった。

丹沢の流域(大洞沢・ヌタノ沢)では世代時間が短い種群が優占しており(図-3)、同時に狭い流域地形(小さい流域平均幅)、落葉広葉樹林率の高さ、シカ密度の高さにより特徴付けられた。一方で、貝沢は1年1化・複数年1化の構成比が高く、同時に広い流域地形(大きい流域平均幅)、スギ林率の高さ、シカ密度の低さにより特徴付けられた。各流域を特徴付ける要因は互いに相関していたため、単一の要因の効果を抽出することができなかった。しかし、上記のような流域特性は、攪乱の頻度と関連する化性の構成比との相関があったことから、水流出や土砂流出・移動などの頻度と関連しており、流域特性に由来した生息場の安定性が反映されたものと考えられる。

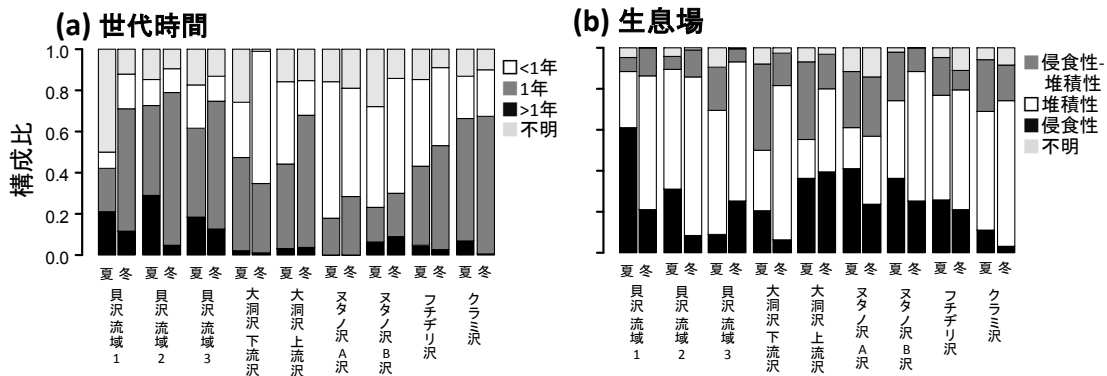


図3 各流域の底生動物の世代時間および生息場の構成比

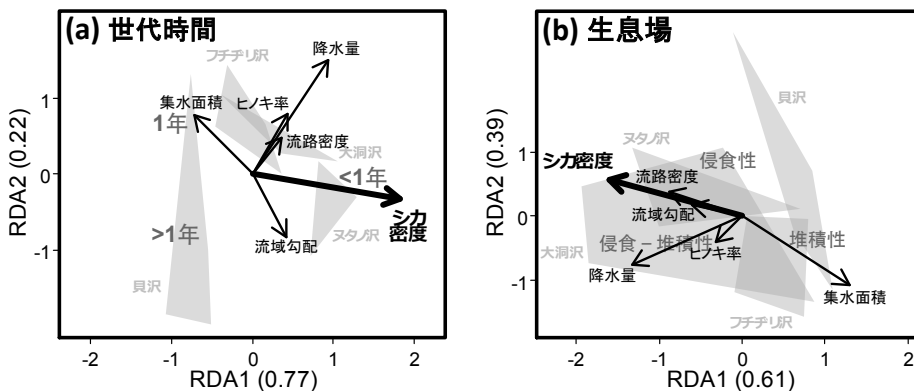


図4 冗長性分析による世代時間と生息場の構成比のスコア(濃灰の文字の位置)および各流域の種組成のスコア(薄灰の領域が各試験地の流域のスコアの範囲)と流域変数の負荷(矢印)

③付着藻類

各流域の単位面積(10mm<sup>2</sup>)あたりの種数は4~19種、細胞数は38~686250であり、とくに細胞数は流域間で大きなばらつきを示し、ヌタノ沢で極めて高い値を示した(図-5)。分類群や種特性別の細胞数も基本的に総細胞数の影響を受けヌタノ沢において高い値を示した。

付着藻類量に対する林相の影響は、種数と針葉樹林率と負の相関(図-6b)、また細胞数と針葉樹人工林率に負の相関(図-6a)があり、有効な回帰モデルが得られたのは一部であったものの、生育量は概ね針葉樹人工林による遮蔽により制限されていると考えられる。また、地形による遮蔽の

影響は、種数と陰影起伏値に正の相関（図-6c）、および細胞数と陰影起伏値も正の傾向が見られた（図-7d）。このことから、流域の方位と起伏による遮断も潜在的に生息量に影響を与えている可能性が示唆された。珪藻における単細胞性の種の構成比は、とくに夏期において針葉樹林や陰影起伏により増加する傾向があった（図-8a, c）。付着藻類は、石面上に群体性の種群が立体構造を発達させその生息量を増大させるが、樹林や地形によって遮蔽される流域では、日射量の小ささにより群落の発達が制限され、単細胞性の種群が優占したと考えられる。

細胞数が突出して高く、また単細胞性の構成比が引かったヌタノ沢は、針葉樹林率が低く（A 沢：0.15；B 沢：0.21）かつ陰影起伏値が高い（A 沢夏期：253；冬期 211；B 沢夏期：251；冬期 211）ことが高い生産性を有している一因であることが考えられた。

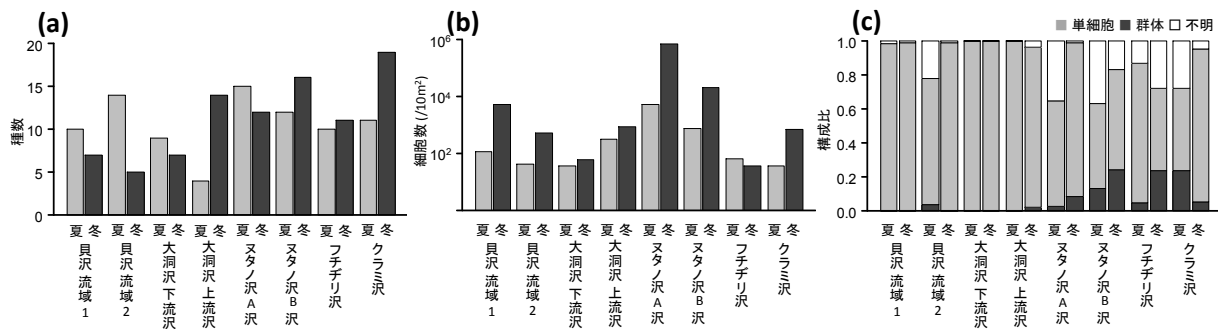


図 5 各流域の付着藻類の種数(a), 細胞数(b), 珪藻中の群体・単細胞の細胞数の構成比(c)

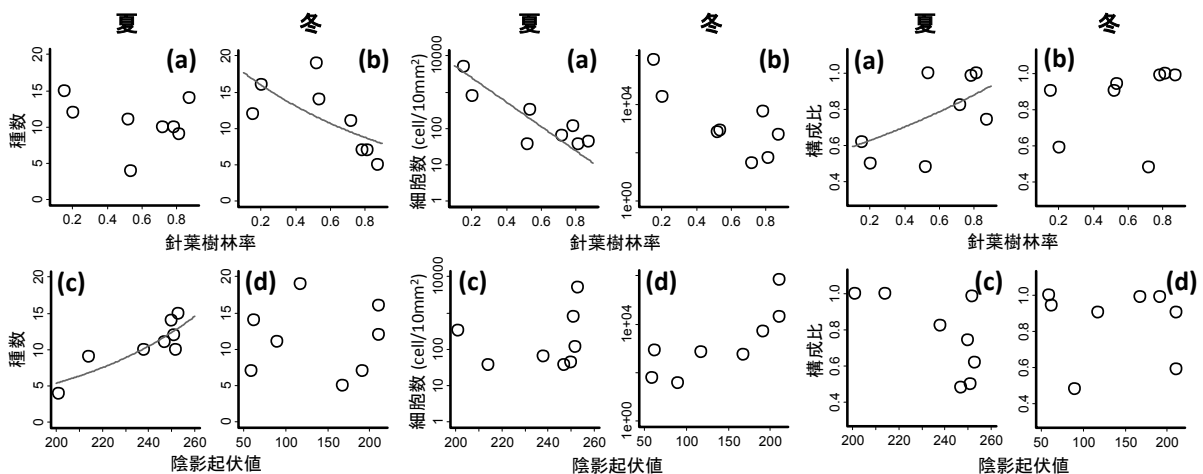


図 6 付着藻類種数と針葉樹林率および陰影起伏値の関係

図 7 流域の付着藻類細胞数と針葉樹林率および陰影起伏値の関係

図 8 流域の単細胞性の細胞数の構成比と針葉樹林率および陰影起伏値の関係

## (8) 今後の課題

実際の水や土砂の流出と底生動物の関連を検証することで、解析の結果の妥当性を検討することに加え、森林操作による水や土砂の流出の変化との関連を検証するためのモニタリングを検討する。

## (9) 成果の発表

大平 充・内山佳美 (2016) 神奈川県 of 流域の地史、林相、ニホンジカ密度が異なる源流河川における底生無脊椎動物群集の構成の変異。応用生態工学会第 20 回大会（口頭発表）。

- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発
- (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発
- B. 対照流域法による総合モニタリング

- (1) 課題名 Bi. 水生生物調査（現地モニタリング調査の試行）
- (2) 研究期間 平成 19～28 年度
- (3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
- (4) 担当者 西口孝雄・内山佳美・大平 充

(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づく本研究課題は、森林整備の事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、県内に設けた試験流域において対照流域法等の手法を用いて流域スケールのモニタリング調査を行う。その実施方法は、森林整備などの操作を行う前に、実験流域と対照流域の自然条件についての類似性や各々の特色について現状での流域特性として把握し、森林の操作後に追跡調査を行うものである。一般に、森林整備等の実施による森林の状態の変化は、下流への水や土砂の流出に影響し、さらにそれが溪流環境とそこに生息する水生生物の変化に影響すると予想されるため、本モニタリング調査の一環として水生生物調査を行う。

(6) 方法

平成 26 年度までに 4 試験地（貝沢、大洞沢、ヌタノ沢、フチヂリ沢）の流域における底生動物および付着藻類についての事前モニタリングが終了している。今後の事後モニタリングにあたって、森林整備に伴う溪流環境の変化と関連付けて生物相の変化を立証することが重要である。そこで、源流域の底生動物の動態と河床環境との関係、またそれらとの流況や土砂流動と関係といった基礎的な実態を把握することを目的とした（図-1）。

底生動物の生息量を時期あるいは流域間で比較するためには、定量的なサンプリングを行う必要がある。一般的な定量的なサンプリング手法として、サーバーネットによる方形枠内（25cm×25cm）の河床材料ごと採集する手法があるが、河床材料の除去とともに河床構造の破壊を伴うことや、河床材料中から底生動物を採集することに多くの労力が必要であるため、流況など短期的な環境の変化との対応を検討する高頻度のサンプリングは難しい。そこで、底生動物の生息場となる基質を流路内に設置し、それに定着する底生動物をカウントすることにより定量化を試みた。瀬における礫表面や間隙に生息する種群を採集することを目的に、正方形のタイル（10cm×10cm）を三枚重ね、その間に木製の緩衝材を挟むことにより、3mm と 5mm の間隙を確保し基質を作成した（図-2a）。また、淵における砂泥に生息する種群に対しては、円形のポット（直径 12.5cm）を埋め、その内部に砂（粒径 2mm 以下）300ml を入れたものを不織布の袋に入れ設置した（図-2b）。これらにより、溪流の侵食のおよび堆積的な環境に対応した底生動物のサンプリングを試行した。2017 年 1 月以降に順次これらの基質を各流域に 5 つずつ 30 日程度設置した。なお、以下では礫基質によるサンプリングの試行結果について述べる。

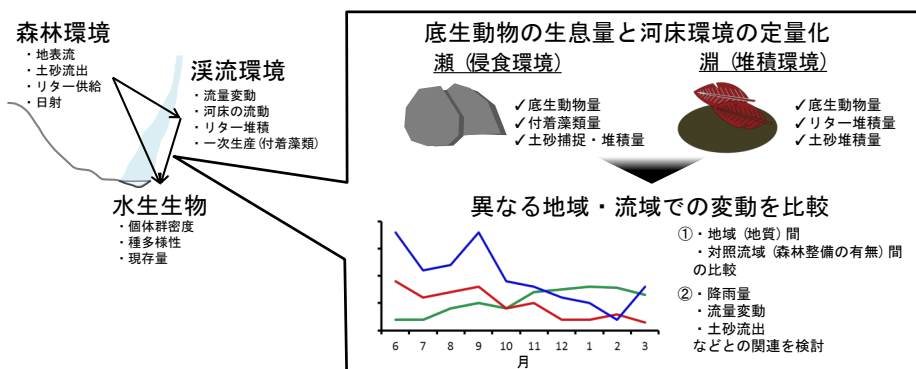


図 1 調査目的の概念図

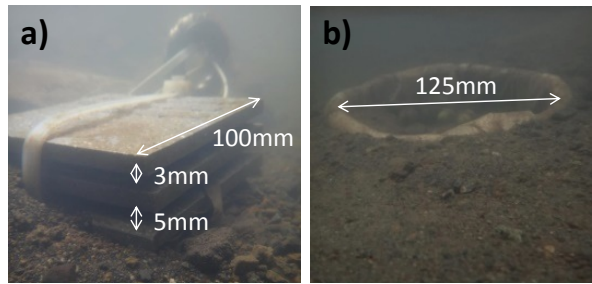


図2 溪流内に設置した礫基質 (a) および砂基質 (b)

## (7) 結果の概要

主な結果は以下の通りである。

### ① サンプルングの効率性

2017年2月に設置し、3月に回収したサンプルにおいて、合計34種125個体の底生動物が採集された。既往のサーバーネットを用いた定量調査結果では、大洞沢(2008年4月の瀬)では1サンプル(25cm×25cm)あたり平均214.7個体(上流沢)および206.3個体(下流沢)が採集されている。これに対し本サンプルの結果を同面積あたりの個体数に換算すると、31.3個体(上流沢)および10個体(下流沢)となり、極めて少ない値となった。これは、サーバーネットでの採集では礫表面だけでなく河床に堆積した砂礫すべてを採取するため、その中に生息すると考えられるユスリカ科(上流沢:平均120.7個体;下流沢92.3個体)などが含まれるためであると考えられる。礫表面に生息するタニガワカゲロウ属はサーバーネットでは1サンプルあたり2個体(上流沢)および5個体(下流沢)であり、本サンプルにおける同面積あたりの個体数は8個体(上流沢)および0個体(下流沢)、同様にヒメマルヒラタドロムシについては4個体(上流沢)および0個体(下流沢)に対し0.3個体(上流沢)および0.3個体(下流沢)、また礫間隙に生息するクロヒゲカワゲラは3.3個体(上流沢)および0個体(下流沢)に対し0.3個体(上流沢)および0個体(下流沢)であった。若干の低密度であるため、サンプル数を調整すればこのような種群をより効率的に採集できると考えられる。また、初春の低水位期における検討であるため、流量が増加し流水により瀬が発達するこれ以降の時期はより効果的に侵食性の種を採集できると考えられる。

### ② 地域・流域間の比較

各流域における採集結果は、全種個体数は貝沢で低い値をとった以外には1サンプルあたり5個体前後(/10cm<sup>2</sup>)の値となった(図-3a)。侵食性の種群のみに限った場合も貝沢を除き顕著な差異はなく同程度の密度であった(図-3b)。これは低水位期には侵食作用に差が出にくいためであると考えられる。貝沢については、過去の調査では礫間隙を利用するトウゴウカワゲラ属やシマトビケラ属、礫表面に生息するヒメマルヒラタドロムシなどが記録されている。2016年8月に顕著な出水が起こっており、それに伴う攪乱が今回の結果に影響している可能性がある。

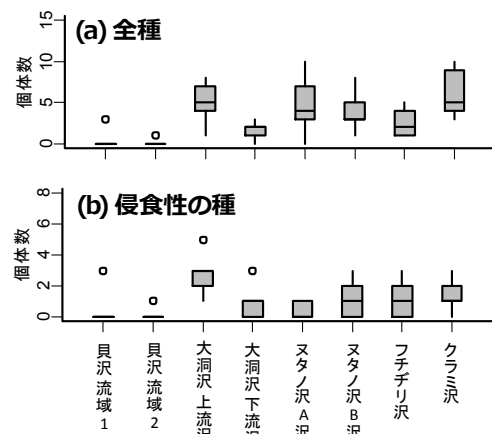


図3 各流域における礫基質1サンプルあたりの底生動物個体数

## (8) 今後の課題

源流の底生動物相は堆積性の種が優占するため、これを採集するための砂基質を設置したサンプルについても、そのサンプルング方法の妥当性について検討し、順次モニタリングを開始する。

設置した礫や砂の基質の土砂堆積・捕捉量や付着藻類量、リター堆積量といった河床環境の状態変化を定量化する手順を検討する。



(9) 成果の発表

なし

- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発
- (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発
- B. 対照流域法による総合モニタリング

- (1) 課題名 **Bj. 水生生物調査（モニタリング基礎調査）**
- (2) 研究期間 **平成 19～28 年度**
- (3) 予算区分 **県単（水源特別会計：森林環境調査）**
- (4) 担当者 **西口孝雄・内山佳美・大平 充**

#### (5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、県内に設けた試験流域において対照流域法等の手法を用いて流域スケールのモニタリング調査を行う。その実施方法は、森林整備などの操作を行う前に、実験流域と対照流域の自然条件についての類似性や各々の特色について現状での流域特性として把握し、森林の操作後に追跡調査を行うものである。一般に、森林整備等の実施による森林の状態の変化は、下流への水や土砂の流出に影響し、さらにそれが溪流環境とそこに生息する水生生物の変化に影響すると予想されるため、本モニタリング調査の一環として水生生物調査を行う。

#### (6) 方法

水源流域に生息する水生動物のうち広く中下流河川にも生息するものもあることから、今後の水系全体での検討に先立ち、以下の種について基礎調査として地域個体群の遺伝子解析を行った。神奈川工科大学への委託により実施した（詳細は委託報告書参照）。

河川に生息する水生動物について、遺伝的構造の解析を行った。このうち、ミトコンドリア DNA (mtDNA) の D ループ領域の変異の解析は、核 DNA よりも早い速度で変異を起こす領域であり、比較的短い進化時間の中で生じた DNA の置換や挿入・欠損を測る事で個体差を確認する事が可能となる。異なる移動性や分布を持つ以下の種について、流域の遺伝的構造の特性を明らかにすることを目的として遺伝子解析を行った。

##### ・ヤマメ

酒匂川水系、相模川水系、金目川水系及び早川水系において得られた合計 269 個体と、県内にある 3 つの養魚場からのヤマメ 37 個体を供試魚に加え解析した。mtDNA に加え、核 DNA のマイクロサテライト領域 (SSR) の対立遺伝子の塩基長を用いた。

##### ・ホトケドジョウ

荻野川水系、玉川水系、金目川水系、酒匂川水系にて採集した 167 個体に加え、提供を得た神奈川東部の鶴見川、帷子川、境川、侍従川の 179 個体、および GenBank に登録されている神奈川県生田緑地、周囲の地域の静岡県相良、埼玉県寄居、東京都多摩川、同浅川の塩基配列データを加え、解析を行った。

##### ・シロタニガワカゲロウ

神奈川県下を流れる境川・相模川・金目川・酒匂川・山王川・箱根早川・新崎川・千歳川、静岡県下の狩野川・河津川・白田川及び長野県の三峰川の各水系において 2015 年から 2016 年に採集し、208 個体のサンプルを解析した。

#### (7) 結果の概要

主な結果は以下の通りである（詳細は委託報告書参照）

##### ・ヤマメ

① 県内のヤマメは多様な外部形態を示すものの、遺伝的には全てヤマメ *Oncorhynchus masou* と分類され、mtDNA の塩基配列ではアマゴ *Oncorhynchus masou ishikawae* を区別することはできなかった。これらの結果は、先行研究に合致した結果となった。

② GenBank に登録されたタイヘイヨウサケ属 7 種の mtDNA 中の D ループ領域の塩基配列から、種内の塩基多様度 (II) を求めた結果、神奈川県ヤマメ集団における塩基多様度は他種および同種と比べて低いことが分かった。

③ 酒匂川水系、相模川水系及び早川水系から得られたいくつかの地点のハプロタイプは、養殖魚にはないものが検出された (図 1)。これらのハプロタイプが神奈川県のヤマメに固有のものであるか、あるいは未知の養魚場に由来するものであるのかは今後の課題である。

④ 酒匂川水系は 6 種、相模川水系は 7 種のハプロタイプの存在が明らかになったが、地点ごとの多様性は低かった。堰堤などの河川構造物により、放流以外の移入個体がなく集団サイズが小さくなり、遺伝的浮動やボトルネックの影響を強く受け、本来の遺伝的多様性を失った可能性がある。

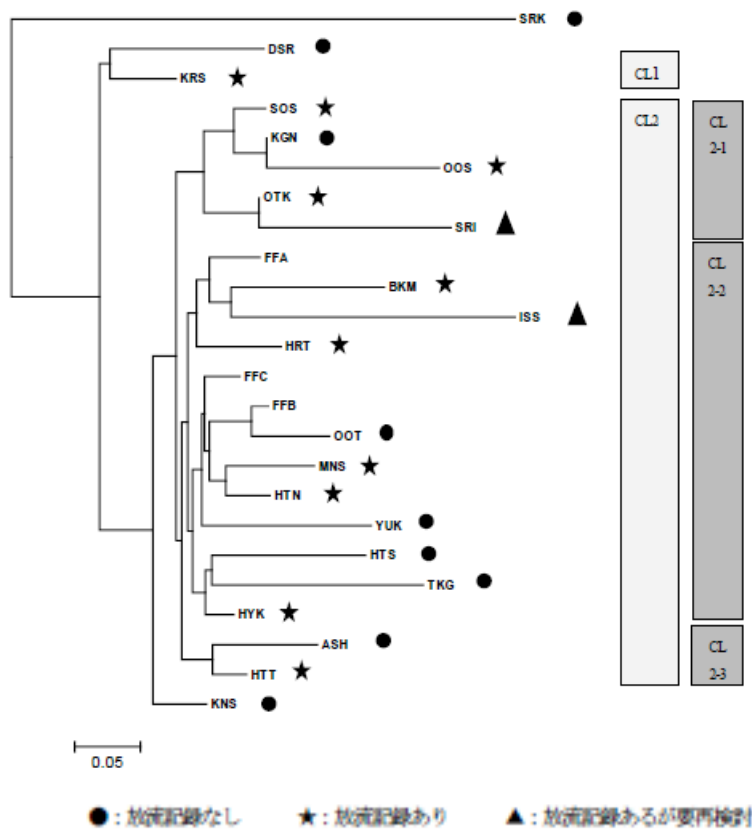


図 1 Fst 値の近隣結合法により描いたヤマメの系統図

・ホトケドジョウ

① 県内のホトケドジョウ集団は、多摩川以北の南関東集団とは異なるクレイドを形成し (C-2)、さらに境川-相模川を境界として東部水系クレイド (C-2E) と西部水系クレイド (C-2W) を形成した (図 2)。

② 神奈川県では境川上流地点と相模川からなるハプロタイプを中心に境川下流地点・鶴見川・帷子川からなる東部水系群と相模川・金目川・中村川・酒匂川からなる西部水系群の 2 群に分けられた。

③ 16 地点において、多くの水系間あるいは支流間の地点間で、極めて高度に有意な分化が生じていた。加えて、同一の支流内でも荻野川及び濁沢では極めて高度に有意な分化が生じていた。

④ 神奈川県西部では富士山の噴火などによる過去に水系の変化が頻繁に起こり、集団の交流と分断があり、現在観察される遺伝的共通性と分化が生じたと考えられる。Fst 値（遺伝的分化程度）から地点間の交流はほとんど生じておらず、遺伝的な分化が進んでいることが示唆された。

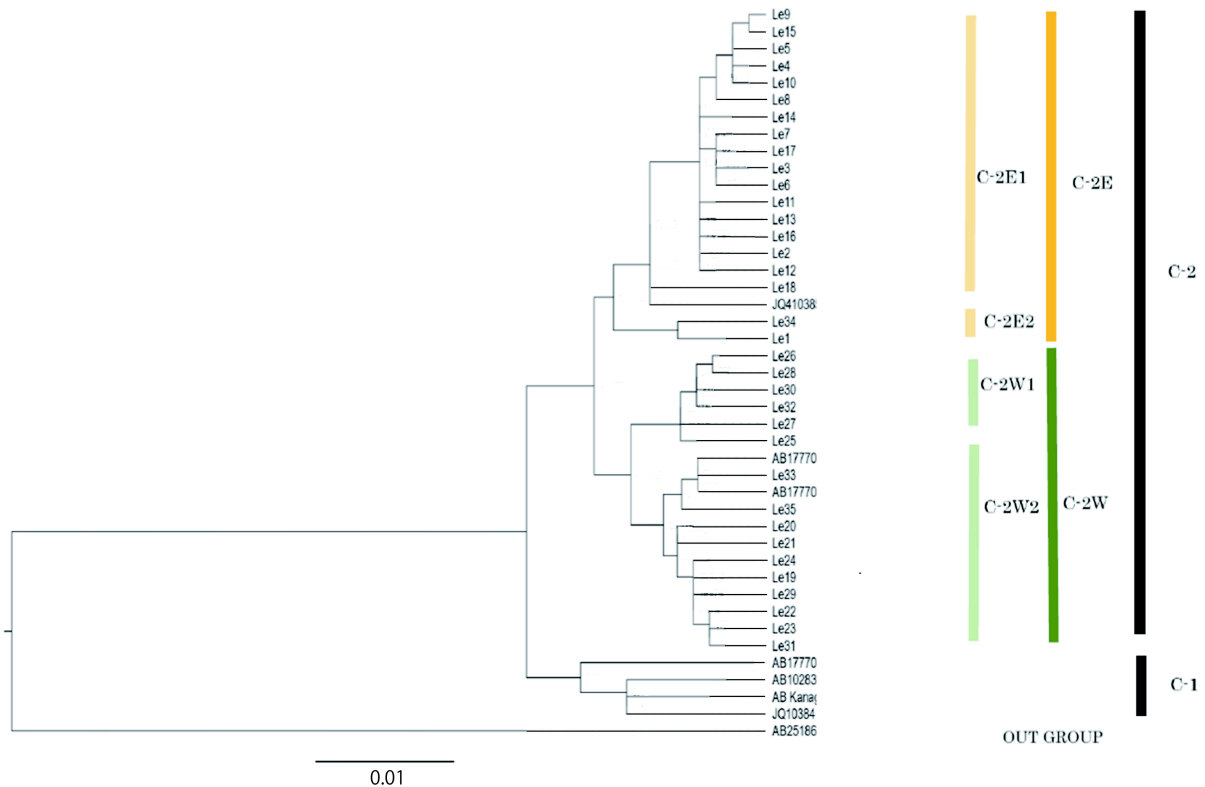


図2 最尤法によるホトケドジョウの系統図

・シロタニガワカゲロウ

① 形態および分子系統樹からシロタニガワカゲロウに分類された 208 個体から、50 のハプロタイプを検出した。境川水系からは 3、相模川水系からは 34、金目川水系からは 2、酒匂川水系からは 7、山王川からは 2、早川からは 1 のハプロタイプを検出した。

② 遺伝的多様性の指標である遺伝子多様度（ハプロタイプ多様度）は、0 から 1 の間にあり、全地点の平均は  $0.7733 \pm 0.032507733$  であった。相模川や中津川の試料が高い多様性を示した。

③ 中津川と相模川との合流地点から宮ヶ瀬ダム下流の半原地点までの中津川 8 地点間で求めた Fst 値を参考にするると、同じ河川で上流と中流で分化の度合いが異なっている。これは中津川の採集地点間は、農業用水取水のための堰によって流程が短距離で分断されており、遺伝的な分化が認められた地点間では、個体の交流が無いことが考えられ、堰が移動を妨げている可能性が考えられた。

④ シロタニガワカゲロウはクレイド Clade-A、それ以外のハプロタイプからなる Clade-B を構築した。Clade-A は境川、相模川、金目川、酒匂川、山王川からなる。Clade-B はサブクレイド Clade-B-BIW と安田川と神奈川県内から検出したハプロタイプからなるサブクレイド Clade-B-1 で構成されることがわかった（図 3）。

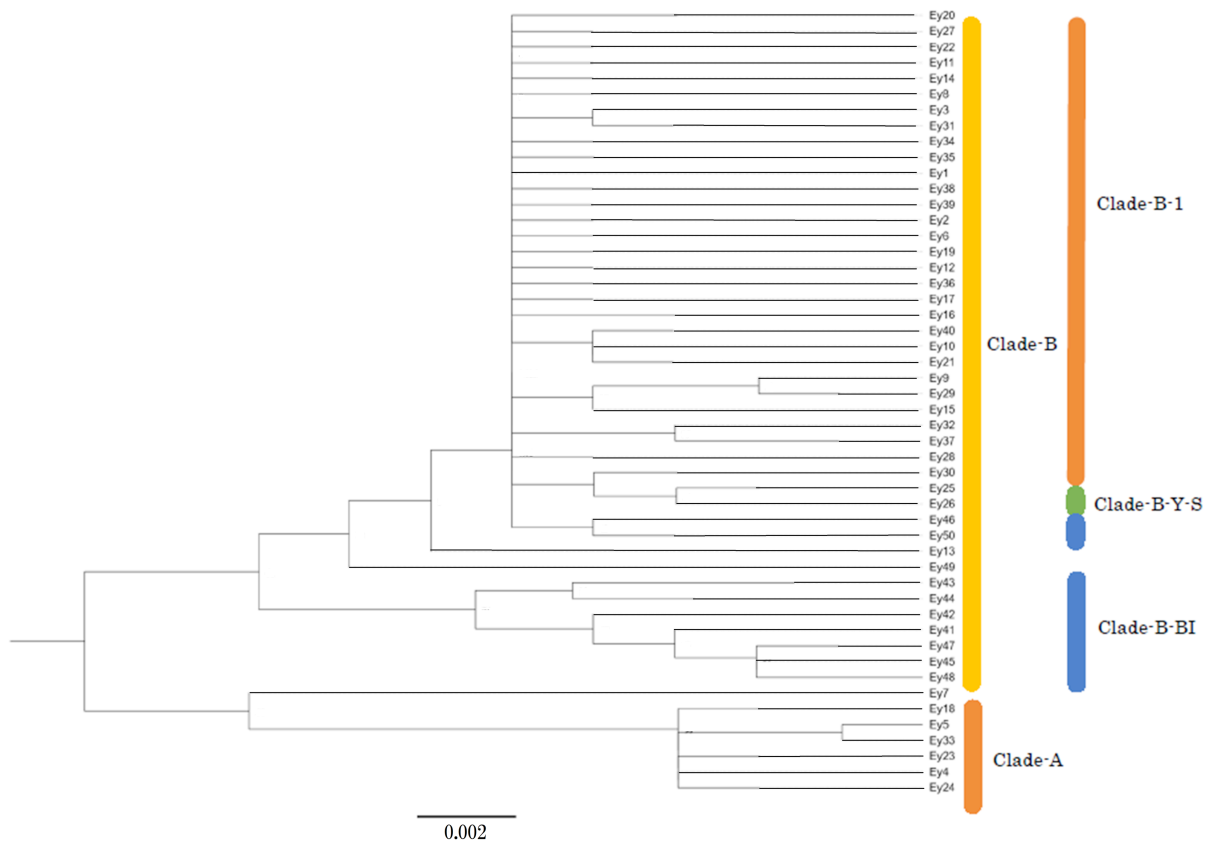


図3 最尤法によるシロタニガワカゲロウの系統図

ヤマメ、シロタニガワカゲロウは、県内の河川の多くの水域に生息する、いわゆる「広域分布」する動物である。一方、ホトケドジョウは、限られた水域にのみ生息する「狭域分布」種である。ヤマメは、地点ごとの多様性は低く、このことから、堰堤などの河川構造物により、本来の遺伝的多様性を失った可能性がある。シロタニガワカゲロウでは短距離で遺伝的な分化が認められた地点間では、個体の交流が無いことが考えられ、移動分散能力に加え、堰が移動を妨げている可能性が考えられた。一方で県内のホトケドジョウ集団は、多くの水系間あるいは支流間の地点間で、極めて高度に分化が生じており、遺伝的交流はほとんどないと考えられた。

#### (8) 今後の課題

- ・ヤマメ

今回の分析に供された標本数が少なく、統計的検定に十分耐えるものではない。今後の課題として、mtDNA および SSR の遺伝子座を増やし、より精度の高い解析を行う必要がある。

- ・ホトケドジョウ

今回分析した地域を含め、丹沢及びその周辺地域に分布が確認されている。このため小田原地区の解析を増やすことにより、神奈川県内に生息する本種の遺伝子構造がより明確にされる。

- ・シロタニガワカゲロウ

神奈川以外の試料を解析することにより、全国レベルのハプロタイプとの差異が明確になることが期待される。

#### (9) 成果の発表

なし

- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発
  - (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発
    - B. 対照流域法による総合モニタリング

- (1) 課題名 **Bk. 水循環モデルによる解析—平成28(2016)年度に実施した4試験流域の現地モニタリングデータに基づく既存モデルの改良—**
- (2) 研究期間 **平成25年度～**
- (3) 予算区分 **県単**
- (4) 担当者 **内山佳美・横山尚秀**

**(5) 目的**

水環境モニタリング調査のため設置した4試験流域では、気象、地形・地質、流量などの自然環境、シカの採食被害、植生・林相や森林管理状況などの森林環境が次第に明らかになってきた。そこで、水循環モデル解析の予測精度の向上を図るため、既存情報ベースに構築された従来モデルを見直し、新たな情報を反映させたモデルへの改良を順次進めている。モデル改良は、表層土壌や風化帯の範囲など、明らかになった流域が本来備えている情報をモデルに反映させることから開始し、実測・蓄積された気象、流量、地下水位データによる算定結果の検証を行い、順次改良を行って予測精度の向上を図っていく。なお、検証にあたり、分かりやすい図化表示に努める、予測結果を今後のモニタリング調査にフィードバックさせる。

**(6) 方法**

平成28(2016)年度のモデル解析事業は、表1に示した試験流域単位で行った。事業では、①4流域で行った土壌深度調査結果に基づく土壌データの更新、②大洞沢の崩壊地に高透水性域を追加、③にクラミ沢・フチジリ沢の地層モデルに新たに不透水性基盤を導入することのモデル改良

表1 試験流域の地質概況

流域名	面積 ha	地形・地質と土層厚	基盤岩・風化帯	透水性	備考
大洞沢	56.3	第三紀凝灰岩 尾根・斜面の土層厚い	地滑り崩壊地 基盤岩の粘土化	崩壊地透水性良好 風化帯は粘土化	シカ多
貝沢	86.4	中生代・古第三紀頁岩 尾根部にローム層	固結頁岩 薄い風化帯	土層の透水性良好	シカ少
ヌタノ沢	7.0	石英閃緑岩 尾根部で土層侵食	節理が発達 厚い風化帯	風化帯の透水性良好	シカ採食被害顕著
クラミ沢 ・フチジリ沢	33.8 42.3	火山噴出物	固結火山噴出物が 不透水層	土層、火山灰・スコ リア透水性良好	シカ進入開始

を行い、これらの変更による算定結果の検証のため、新たに④無降雨時の地下水流出による渓流水かん養（流程での流量変化）表示と⑤観測井戸の地下水頭変化の表示する機能を出力図に加えた。さらに、⑥観測井での地下水頭と任意断面上の地下水流速のベクトル表示、⑦既存の流跡線図を見やすく改良するなど、解析結果の表示法を改良した。検証期間は新たにデータが得られた2015年（1年間）とし、気象、流量・地下水位等の観測データを用いた。算定結果の検証は、観測結果をどれ程再現できたか、すなわち算定値が観測結果のレベルと変動を再現できているかをグラフ等に図化し、目視で点検、評価した。

## (7) 結果の概要

今回のモデル改良の主課題は、大洞沢、貝沢、ヌタノ沢およびクラミ沢・フチジリ沢で行った簡易貫入試験結果により想定された土層厚のモデル反映と、クラミ沢・フチジリ沢行った現地踏査と流量観測に基づき想定された不透水性地層のモデルへの反映および大洞沢での上流崩壊地域への高透水域の追加である。これらの導入による算定結果について、出力図により流出、地下水頭について検証した。

### ア 水文地質および帯水層構造

#### (ア) 土層厚の再設定

4 流域で行われた試験結果を基に土層厚分布図を描き（図 1、2）、メッシュごとに数値を読み取って入力データとした。なお、土層の表層 30 cm～50 cm（大洞沢は 30 cm、クラミ沢・フチジリ沢は 50 cm）を A 層、それ以深を B・C 層とした。透水性は A 層を  $1 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$ 、B・C 層を  $5 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$  と設定した。なお、ヌタノ沢のように治山堰が多数設置されており、その多くが満砂状態であることから、土地分類として川幅と層厚を持った河床を新たに設定した。

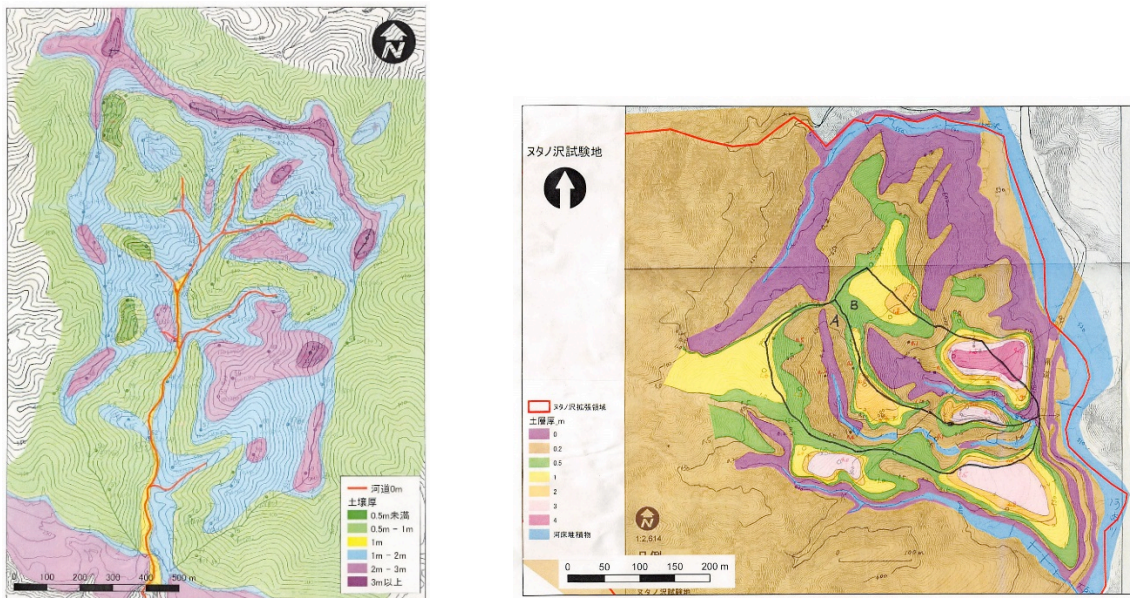


図 1 貝沢(左)とヌタノ沢(右)の土層厚分布(原図)

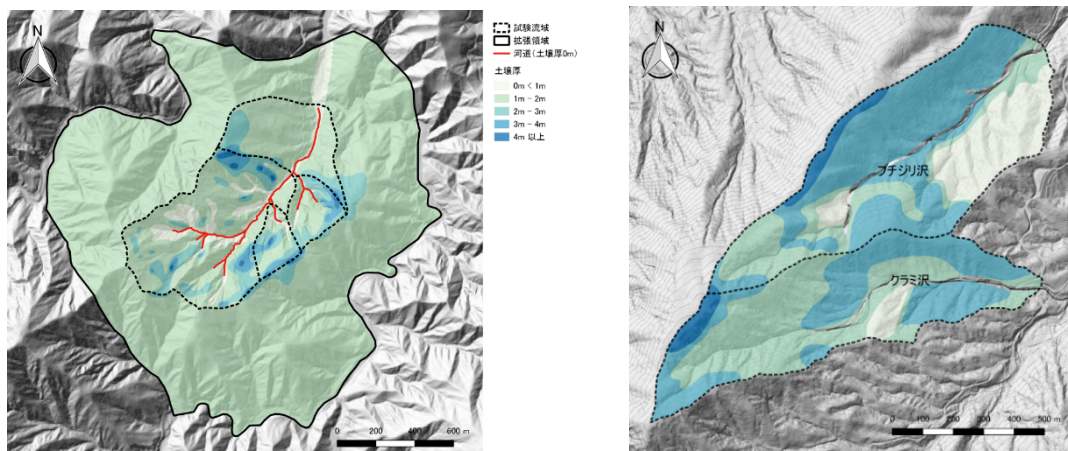


図 2 大洞沢(左)とクラミ沢・フチジリ沢(右)の土層厚分布(入力データ)

土壌のほかにモデル変更が無かった貝沢やヌタノ沢では、従来どおりの流出算定結果（図3）が得られ、均一層厚から現地情報に基づく層厚データへの切り替えに伴う支障はなかった。

(イ) 大洞沢の上流崩壊地域への高透水性地層の追加

大洞沢流域の試験流域No.4の流出を水収支上から評価すると、年間流出量が多く（湧水寄与が大きく）、地形上の流域面積に降る降水量以上に多いこと、上流側とを分ける地形境界が明瞭でないことから、水文地質上のさらに広い集水域と良好な透水性地層の存在が推定されていた。そこで、昨年同様に崩壊地の下に高透水性地層をモデルに設定した。さらに、No.4流域と同様に、上流の崩壊地形の流域でも豊富な湧水があつて、他流域に比べ年間流量が多いことから、No.4流域と同様に高透水性地層を新たに設定した。流域No.4の流出算定結果（図4左図）を見ると、渇水期の流出が多く、透水性が過大評価されており、さらに調整が必要と考えられた。

(ロ) クラミ沢・フチジリ沢で不透水性層のモデル導入

火山斜面の高位にあるクラミ沢、フチジリ沢では、年間を通じて流水が認められ、中流部の崖錐帯の湧水が主水源となっている。さらに、ボーリング調査により固結した不透水性の火砕流堆積物が深度50mまで確認されていること、河床で溶岩、火砕流堆積物が確認されていることを踏まえ、従来の均一な火山噴出物の中に不透水性地盤を新たに想定し、モデルに反映させた。

その結果、基底流出で比較すると、クラミ沢で実測より多く算定されたが、フチジリ沢（図4右図）ではかなり実測に近くなり、再現性が改善された。クラミ沢で金時溶岩グループが広く、フチジリ沢は苅野溶岩グループが多くを占めることから、不透水性地盤の設定に流域間で差をつけ、モデル化する必要性があると考えられた。

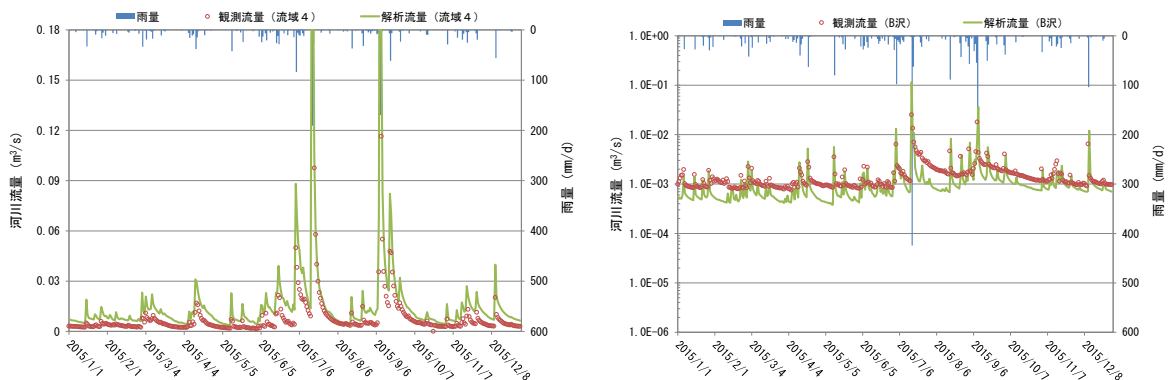


図3 日流量の解析結果(左:貝沢、右:ヌタノ沢 B 沢)

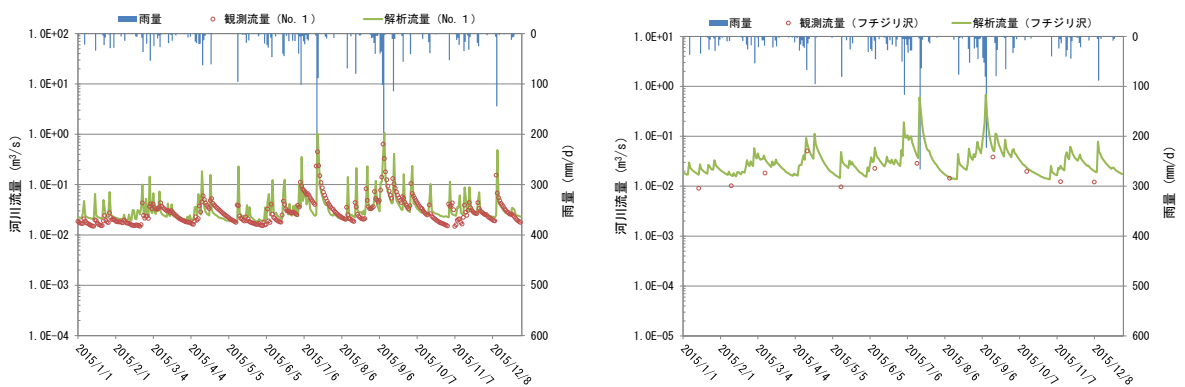


図4 日流量の解析結果(左:大洞沢、右:フチジリ沢)



### (エ) 出力図の追加、改良

地下水頭は、降雨による地下水かん養、無降雨時の湧出による渓流水かん養を裏付ける指標（保水状況）となるので、地下水位（水頭）の算定結果は重要で、グラフ化し、モデルの観測井の記録の再現性を評価する。

図5にヌタノ沢観測井の水頭の算定値と観測値を比較した。算定値は、年間を通し水頭は高水時に高く、低水頭時が高い。降雨浸透による上昇、基底流出に伴う低減の再現性が良くないことが読み取れる。このように、他流域共に水頭変化グラフはモデルの再現性評価と検証に活用できる。

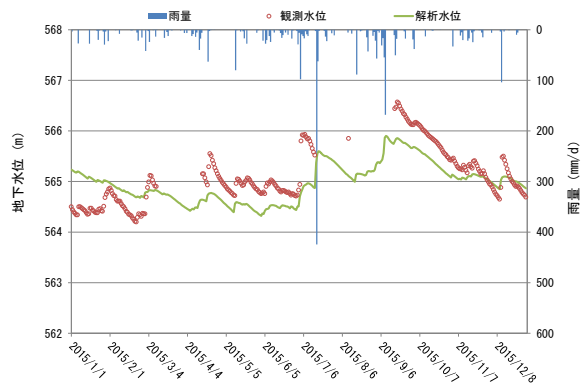


図5 ヌタノ沢観測井の水頭解析結果

また、地中水の移動を図化した流向・流速ベクトル図を導入した。図6はヌタノ沢の事例である。地層区分の上に水の流れる方向を矢印で、流速を矢印の大きさに表示してあり、流域内に切った断面上で地中水の流動状況を把握できる。ヌタノ沢におけるA沢の河床からの伏没浸透、B沢の両斜面から地下水の渓流水かん養および地下水流動の範囲、流動系が表現されている。

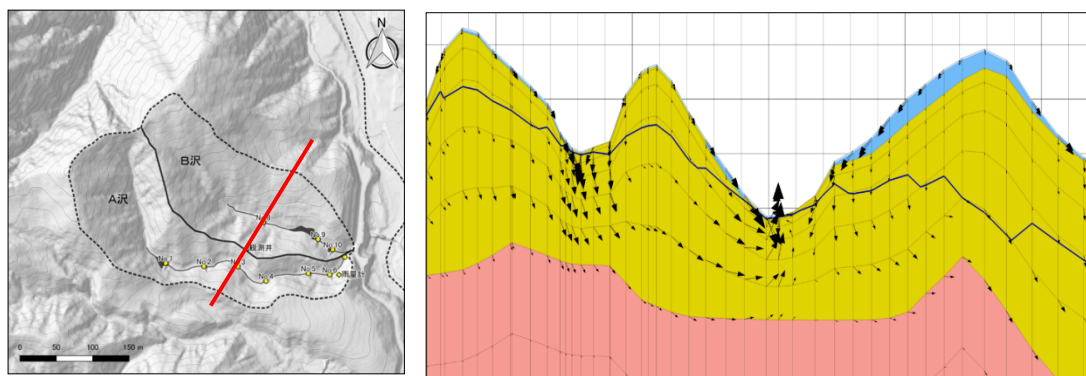


図6 ヌタノ沢の流向・流速(ベクトル)分布図(左:断面位置、右:断面のベクトル分布)

### (8) 今後の課題

各試験流域の流域特性をモデルに反映させ、夫々の流域ごとに行われる施業の影響を、長期に亘り、効率よく、精度を落とさず監視していくため、モデル改良と検証は欠かせない。このため、流域の均一モデルから現地データに基づく現実モデルに改良する作業を進めているが、土壌-風化帯-基盤に係る地層モデルの内、土壌データの更新を終え、支障が無いことが分かった。引き続き風化帯や基岩の位置、大洞沢の高透水層の設定について更なる検討を行って、モデル改良作業を進めていく予定である。また、クラミ沢・フチジリ沢では地層構造の見直しを開始したものの、引き続き検討を行って完成させる必要がある。

### (9) 成果の公表

なし

- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発  
(2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発  
B. 対照流域法による総合モニタリング

- (1) 課題名 BI. 水源施策の総合評価のための情報整備  
(2) 研究期間 平成 19～28 年度  
(3) 予算区分 県単(水源特別会計：森林環境調査)  
(4) 担当者 西口孝雄・内山佳美・雨宮 有

#### (5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づく本研究課題は、対照流域法等による現地モニタリング調査による事業効果の検証、水循環モデルを用いたダム上流域等の広域の事業効果予測に加えて、施策の総合的な評価のためには個別事業とそのモニタリングのデータも活用した総合的な解析を行う必要がある。そこで、個別事業とそのモニタリングデータを収集・整備し本研究課題で得られた知見を踏まえて総合解析を行う。加えて、個別事業における GIS 業務の技術支援を行う。

#### (6) 方法

森林で行われる事業の総合的な評価を行うため、事業実績や各種モニタリング調査のデータを収集・整備するとともに、個別事業における GIS 業務の技術支援や施策評価関連の追加解析や作図を行った。

本業務は、高度な GIS 技術をもち、システム設計や GIS データのプログラミング、GIS 技術指導のできる派遣職員により実施した。

#### (7) 結果の概要

##### ①事業実績・モニタリングに関するデータの追加整備

各事業部門で所有している事業実績やモニタリング調査の GIS データを収集し、解析するために必要な加工を行った。研究連携課による取得データとあわせて、共通利用データとして整備し、自然環境保全センター内の共通利用サーバで公開した。

また、各事業部門の GIS 利用に関して、指導・助言を行うほか、事業部門向けの各種プログラムの作成やこれまでに作成したプログラムのメンテナンスも行った。

##### ②モニタリング成果や施策評価に係る各種解析や作図等

国土数値情報等の主に公開されているデータを用いて、水源地域の概況を項目ごとに整理・解析してとりまとめ、わかりやすく図化した。これらの一部は、研究連携課のホームページで「アトラス水源林」として解説を加えて公開した。

([http://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/web\\_taisho/sanchi/sanchi.html](http://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/web_taisho/sanchi/sanchi.html))

また、研究連携課のモニタリング調査や解析の支援のため、研究員が日常行う業務の中の GIS 作業・解析について実施した。特に各試験流域について地形情報等による水分指標(TWI) 算出や日射の評価指標等の解析、図化を行った。今後その他の関連要因と合わせた解析を行う予定である。

#### (8) 今後の課題

・事業実績や施策の評価やモニタリング結果の公表にあたって、わかりやすく示すためには GIS データによる空間分布の可視化が欠かせない。このため、日ごろよりデータ蓄積と公表のための資料づくりを進めておく必要がある。

・今後も施策全体の進捗把握や事業効果解析、事業対象地選定等に活用するため、毎年の事業やモニタリングのデータを収集・整備していく必要がある。

・事業実績が電子データとなっていない、また電子データが保存されていても、データベース形式となっておらず(データ項目の定義が統一されていないなど) 集計できないものも多い。事業の全体像の把握や事業検証のためにも、個々の事業部門任せにせず、全体としてデータ蓄積する仕組みが必要である。

## (9) 成果の発表

なし



図1 アトラス水源林トップページ

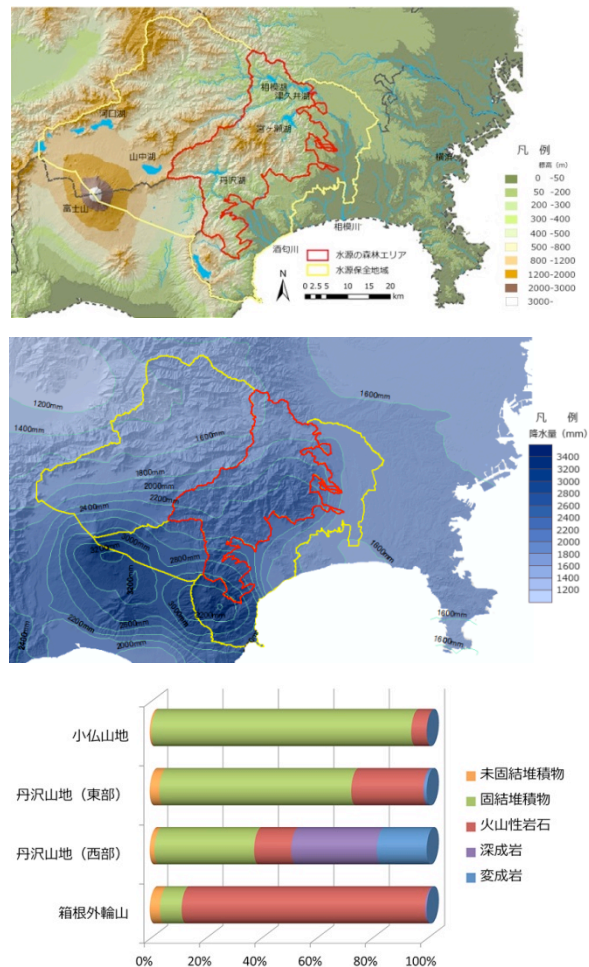


図2 アトラス水源林掲載図

(上：標高、中：降水量、下：各山地の地質分類別面積割合集計結果)

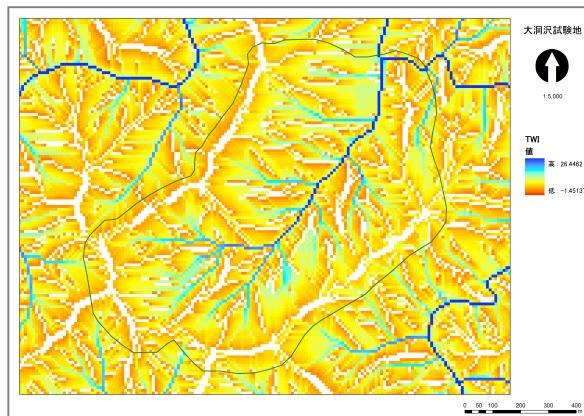
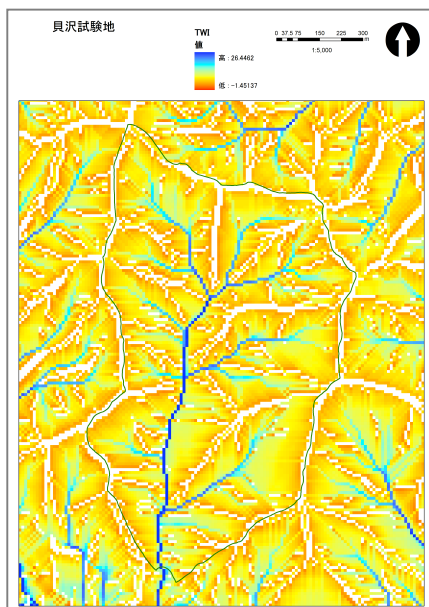


図3 試験流域の TWI 算出・図化の例

2 水源林など公益性の高い森林再生技術開発

(2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発

C 水源林の整備が森林生態系に及ぼす効果把握

(1) 課題名 C. 水源林の整備が森林生態系に及ぼす効果把握—総括—

(2) 研究期間 平成 25 年度～

(3) 予算区分 森林環境調査費

(4) 担当者 田村 淳・遠藤幸子・近藤博史・谷脇 徹

(5) 背景

平成 23 年度に開催された、第 1 期かながわ水源環境保全・再生施策（水源施策）の県民会議において、「水源かん養機能に及ぼす森林整備の効果は時間がかかるが、生態系に着目すれば比較的短期間に効果がわかるのではないか」という意見が出された。施策調査専門委員会においても、水源施策の評価に「森林生態系」の視点を取り入れることが検討された。こうした提言を受けて平成 24 年度に学識経験者によるワークショップが 2 回開催され、「森林生態系や生物多様性の評価に関しては、網羅的に調査するのではなく、指標性の高い種群に限った方がよく、代表的な地域で代表種群を選定して行うことが重要である」と指摘された。そこで、平成 25 年度から森林生態系効果把握調査を実施することとした。

(6) 目的

植物や土壌動物など各生物分類群の生物多様性に及ぼす間伐の効果と、林分スケール（小仏山地、丹沢山地、箱根外輪山）で明らかにする。そのために、間伐の実施に伴う下層植生の増加と、それに依存する各生物分類群の多様性を評価する（図 1）。

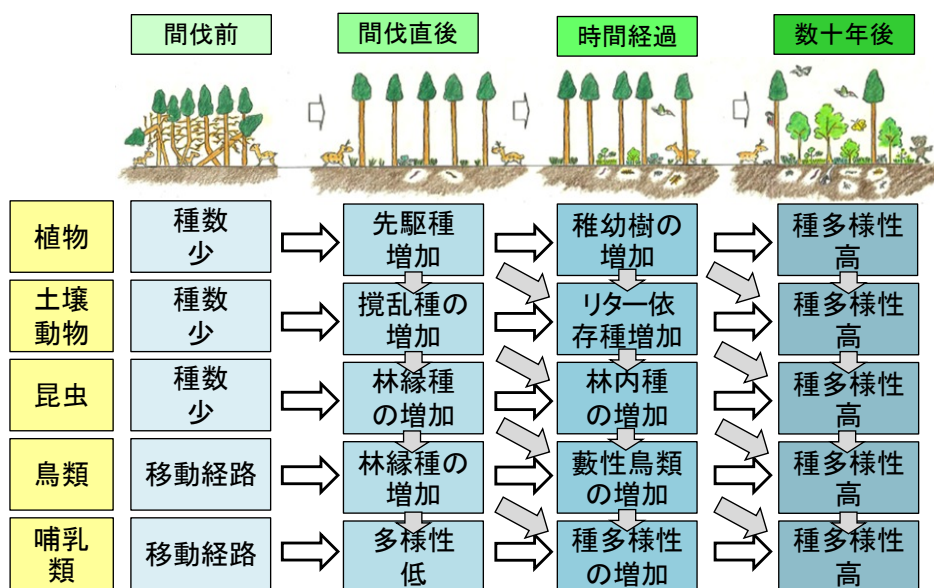


図 1 間伐に伴う林相の変化とそれに関連した生物多様性の変化モデル

## (7) 方法

### ① 調査地の選定

地質やシカの生息状況の差異を考慮して小仏山地と箱根外輪山、丹沢山地の3つの山域を対象とした。各山域で水源林として確保した森林のうち主要な契約形態である「水源協定林」について、スギ林、ヒノキ林、広葉樹林の3林相を対象とした。広葉樹林は対照区としての扱いである。林相ごとに確保後間伐前と1回目の間伐からの経過時間による状態を評価するために、間伐前後の経過年数が異なるように小仏山地では27林分(3林相×9)、箱根外輪山では21林分(スギ林とヒノキ林各9、広葉樹林3)、丹沢山地では38林分(スギ林14、ヒノキ林13、広葉樹林11)で調査した。

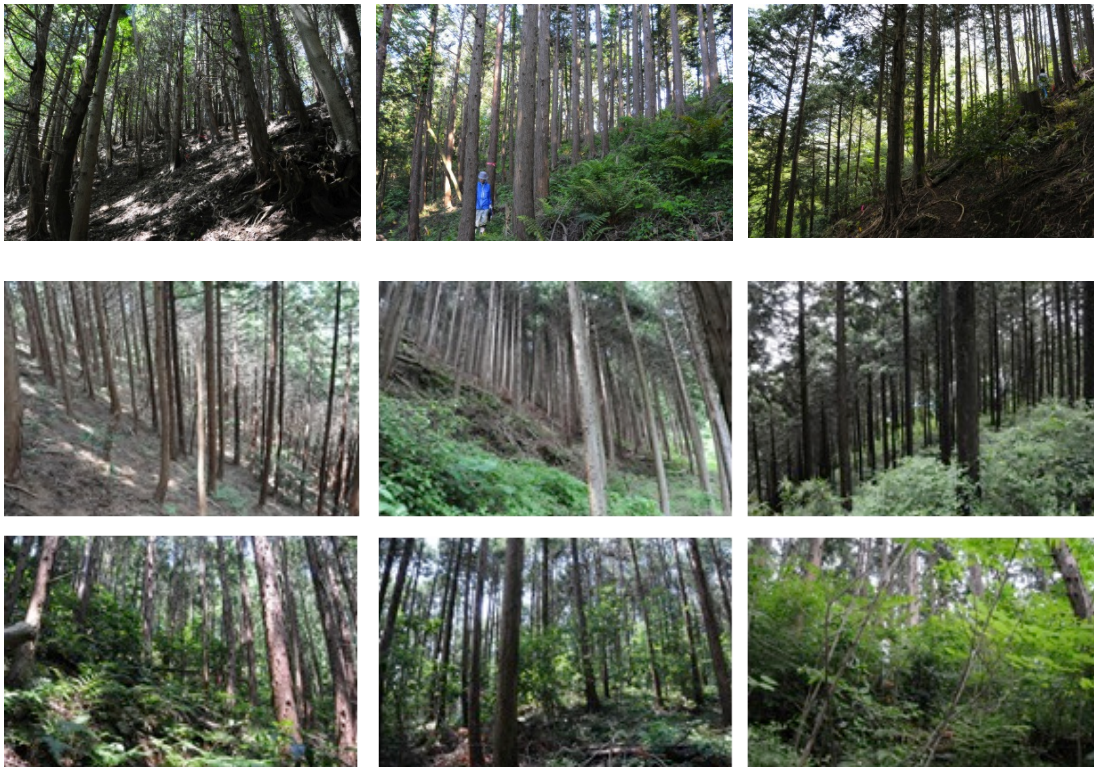


図2 小仏山地と箱根外輪山、丹沢山地のヒノキ林の調査林分例(上段:小仏山地、中段:箱根外輪山、下段:丹沢山地、左:整備前、中:整備直後、右:整備後一定時間経過)

### ② 事業計画

第2期水源施策期間中は、調査時点において間伐からの経過年数の異なる調査地を複数設定して、間伐からの経過年数と各生物の多様性との関係を把握することを目標とした。第3期以降は同一林分で調査することで時点間の変化、すなわち本来の意味での間伐効果を明らかにすることを目標とする。

表1 調査のスケジュール

山域	第2期水源施策期間					第3期水源施策期間				
	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33
小仏山地		予備調査	本調査			追跡調査				
箱根外輪山			本調査		総合解析		追跡調査		補足調査	総合解析
丹沢山地				本調査				追跡調査		

### ③H28 に実施したこと

平成 28 年度は小型哺乳類の補足調査を行うとともに、平成 27 年度までに 3 つの山域の調査結果を詳細に解析した。また山域における生物多様性の総合解析手法について試行的に検討した。補足調査はアジア航測㈱に、総合解析は㈱野生動物保護管理事務所に委託した。

## (8) 結果の概要

### ①小型哺乳類調査の補足調査結果

過年度のデータから、小型哺乳類の個体数の変動に及ぼす要因として調査年と山域が想定されたので、それを検討するために、3 つの山域で調査地を絞って（その後森林整備していない場所）調査したところ、平成 28 年度には丹沢山地においても 2 種のネズミを他の山域と同等かそれ以上に捕獲できた。この結果から平成 27 年度に丹沢山で個体数が少なかったのは、年変動による影響が示唆された。

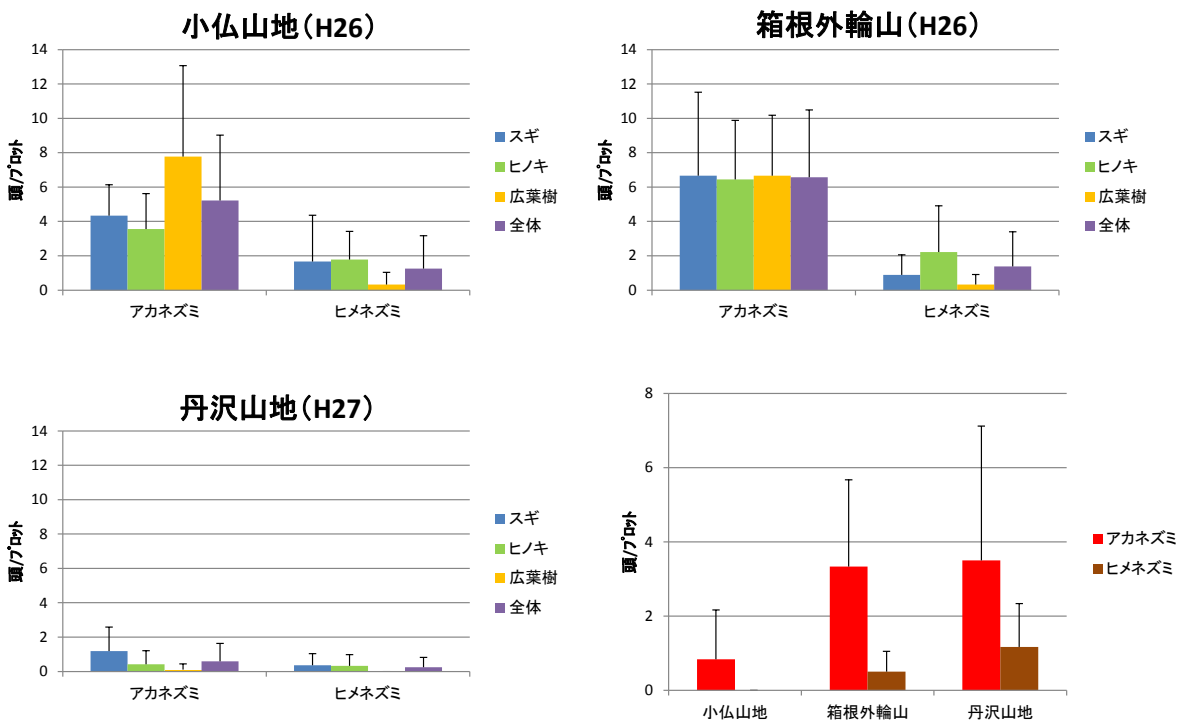


図3 過年度の結果（上2つと左下）と平成28年度の結果

### ②過年度データの解析結果

これまでの解析から次のことがわかった（図4）。すなわち、間伐により植物の植被率や種多様性が増加して、その間接効果として林床性の草食昆虫の種多様性が増加する。鳥類については、森林の階層構造が複雑になると鳥類の種と個体数が増える傾向があった。これには、樹上や樹洞に営巣する種の増加が寄与していることが示唆された。哺乳類については、これまでの解析からは森林整備や森林環境との関係を見出せていない。

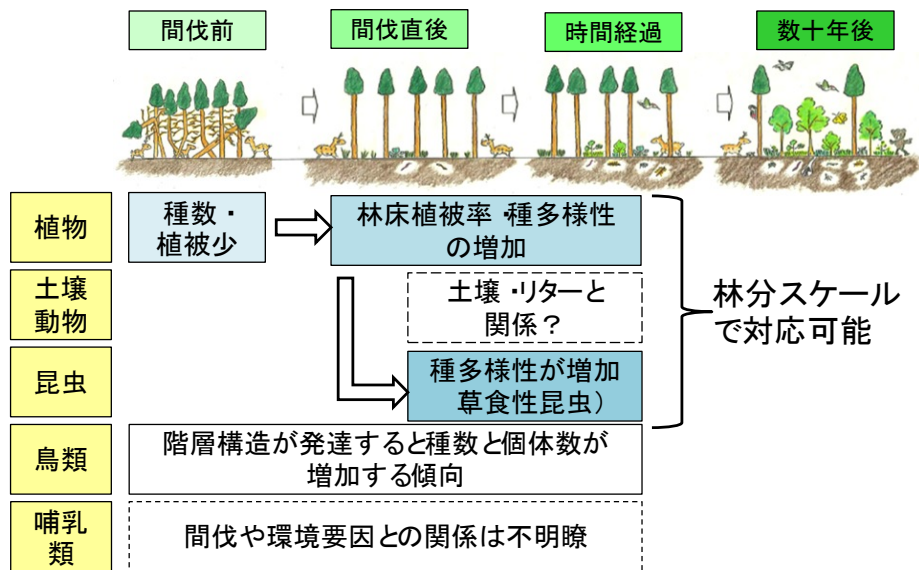


図4 H28までにわかってきたこと

### (9) 今後の課題

平成29年度からの2順目の調査を開始する。その際に、リターと土壌を調べることで、対照流域法等水モニタリングの結果と統合できるようにして、「森林整備—植生(→昆虫)—土壌(→土壌動物)—水源かん養機能」といった関係を検討する。

- (2) 水源林などの公益性の高い森林再生技術開発  
 (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発  
 C. 水源林の整備が森林生態系に及ぼす効果把握

- (1) 課題名 Ca. 植物（林床植生・更新木）  
 (2) 研究期間 平成 25 年度～  
 (3) 予算区分 森林環境調査費  
 (4) 担当者 近藤博史・遠藤幸子・田村 淳

(5) 目的

間伐は林分構造や林床植生に直接影響を及ぼすことが知られている。ここでは、スギ、ヒノキの人工林と広葉樹林において間伐後の林床植生の種多様性の変化について明らかにする。

(6) 方法

小仏山地・丹沢山地・箱根外輪山の 86 林分（うち丹沢山地 6 林分は植生保護柵内）において、2m×10m の植生調査区を 2 ヶ所設置した。植生調査区は 1 ヶ所につき 2m×2m コドラート 5 つに区分した。そして、コドラート内に出現した高さ 1.5m 以下の全維管束植物について種レベルでの同定を行い、種ごとに植被率を記録した。間伐の有無については、全林分を過去十数年間で間伐の記録がない場所と間伐された場所に区分し、前者を間伐前林分、後者を間伐後林分とした。

全 86 林分の内、スギ、ヒノキ人工林（59 林分）において、林床植物の種数、植被率、多様度指数（Shannon H）を算出した。また、そのうち、木本種については、更新木とし、その種数、個体数をカウントした。それら変数を各目的変数、間伐の有無を説明変数、地域と林分タイプをランダム効果、確率分布をポアソン分布とした、一般化線形混合モデルにより間伐の影響の推定を行った。

(7) 結果の概要

①スギヒノキ人工林の林床植物の多様性における間伐の影響

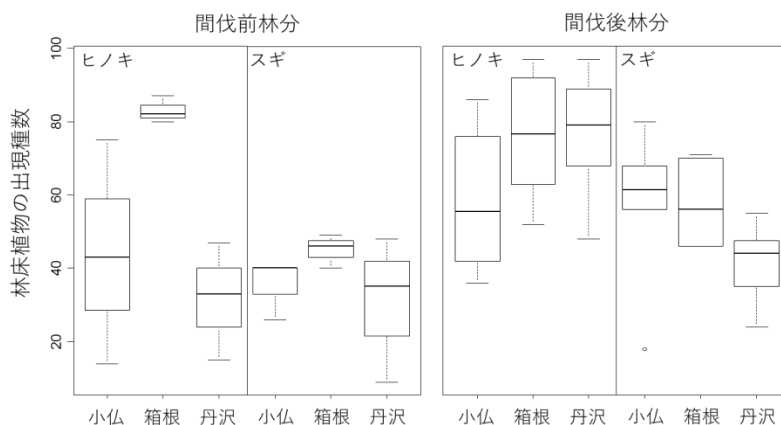


図 1 地域別・林分タイプ別の林床植物の種数、間伐前（左）と間伐後（右）

林床植物の種数、多様度指数に関して、間伐後の林分で有意に増加する傾向が確認された(図 1, 表 1)。しかし、林床植被率に関しては、一部で増加傾向は見取れるものの(図 2)、全体の傾向としては有意ではなかった(表 1)。特に、小仏のヒノキ林などではあまり間伐前林分と間伐後林分とあまり植被率の増減は見られず、他地域でも間伐後林分の植被率でばらつきが大きくなることが確認された(図 2)。このことについては、間伐時の下層植生の破壊状況やシカによる食害の影響など間伐による直接要因以外の影響が関係している可能性がある。その点については、この後に行う総合解析で明らかにしていきたい。



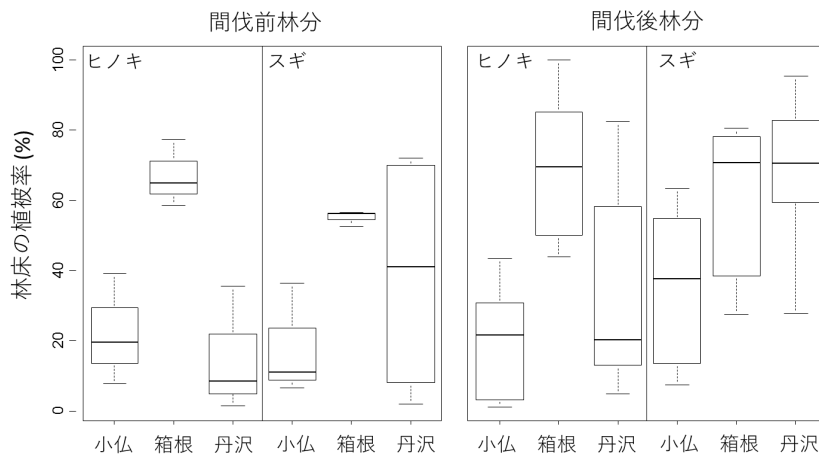


図2 地域別・林分タイプ別の林床の植被率、間伐前（左）と間伐後（右）

## ②スギヒノキ人工林内に侵入した更新木の種数・個体数に対する間伐の影響

更新木の出現種数、個体数に関して、両者ともに間伐後の林分で有意に増加する傾向が確認された(表1)。これにより、間伐による人為的攪乱が更新木の林床への定着や成長を促進していると考えられる。

表1 林床植物、更新木における間伐の効果の推定結果

	目的変数	間伐の効果	p値	切片	p値
林床植物	林床植物出現種数	<b>0.312</b>	<0.001	<b>3.787</b>	<0.001
	林床植被率	0.347	0.095	<b>3.467</b>	<0.001
	林床植物多様度指数	<b>0.226</b>	<0.01	<b>0.665</b>	<0.01
更新木	更新木種数	<b>0.395</b>	<0.001	<b>1.553</b>	<0.001
	更新木個体数	<b>0.234</b>	<0.001	<b>2.944</b>	<0.001

目的変数に対し、説明変数として間伐の有無を用いて、GLMMで推定。ランダム効果には、地域と林分タイプを使用。

## (8) 今後の課題

間伐後に植物の多様性は増加する傾向が確認されたが、間伐による効果がどれくらいの時間持続するのかについては、現段階では、間伐8年後までしかデータがなく、解析に限界がある。今後は、データを蓄積し、間伐後の時間経過に伴う変化を詳細に解析していきたい。

## (9) 成果の発表

なし

- (2) 水源林などの公益性の高い森林再生技術開発  
(2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発  
C. 水源林の整備が森林生態系に及ぼす効果把握

- (1) 課題名      Cb. 土壌動物（ササラダニ類・ミミズ類）  
(2) 研究期間    平成 25 年度～  
(3) 予算区分    森林環境調査費  
(4) 担当者      近藤博史・遠藤幸子・田村 淳

#### (5) 目的

スギ・ヒノキ人工林において、間伐が、土壌中に生息するササラダニ類およびミミズ類の種多様性に与える影響を明らかにする。

#### (6) 方法

小仏山地・丹沢山地・箱根外輪山の 86 林分（うち丹沢山地 6 林分は植生保護柵内）においてササラダニの種数、および陸生大型ミミズの種数と個体数について調査した。ササラダニ調査では、20 m × 20 m のコドラート内の 5 m 四方の地点から表層土壌を含むリターを合計 2 L 採取した。ツルグレン装置を用いてササラダニ類の抽出を行い、実体顕微鏡下で同定を行った。ミミズ調査では、各林分のコドラート内とその周辺から、25 cm 四方、深さ 10 cm の土壌サンプルを 10 か所からミミズを採取した、実体顕微鏡下で解剖して種同定をおこなった。間伐の有無については、全林分を過去十数年間で間伐の記録がない場所と間伐された場所に区分し、前者を間伐前林分、後者を間伐後林分とした。

また、本予算内の別調査で行われた林床植生調査、林分構造調査のデータより、林床植生の種数、植被率、木本層の種数、BA をそれぞれ解析に使用した。

全 86 林分の内、スギ・ヒノキ人工林（59 林分）においてササラダニ、ミミズ類の種数に間伐が与える影響について一般化線形混合モデル (GLMM) による解析を行った。各目的変数にササラダニ、ミミズ類の種数や個体数を、説明変数に間伐の有無、林床植生の種数、植被率、木本層の種数、BA とし、地域と林分タイプをランダム効果、確率分布はポアソン分布とした。各モデルにおいて、AIC 基準の変数選択を行いベストモデルを抽出し、各変数の係数を算出した。

#### (7) 結果の概要

##### ①スギ・ヒノキ人工林のササラダニ類、ミミズ類の多様性における間伐の影響

ササラダニ、ミミズの種数においては、間伐前後の林分で有意な影響は確認できなかったが、ミミズの個体数では、間伐後の林分で有意な増加傾向がみられた。ササラダニの種数は、地域による差が大きく、林相の違いによる種数の違いはあまり見られなかった。一方で、間伐後におけるミミズの種数の変化では、箱根のヒノキ林で増加傾向にあったものの、全体的にはほとんど変化が見られなかった。

##### ②スギ・ヒノキ人工林のササラダニ類、ミミズ類の多様性に影響する要因について

ササラダニ類・ミミズ類の種数・個体数に影響する要因で解析した結果、ササラダニ類の種数では、標高と有意に正の相関がみられ、傾斜と林床植生種数と負の相関がみられた。また、有意ではないもののベストモデルに木本層の種数や BA 含まれた。ミミズ類においては、個体数に対して間伐後林分の方が有意に多い傾向があり、種数、個体数共に林床植生の植被率と有意な正の相関がみられ、種数と標高の間に負の相関、個体数と BA に正の相関、傾斜に負の相関がそれぞれみられた。

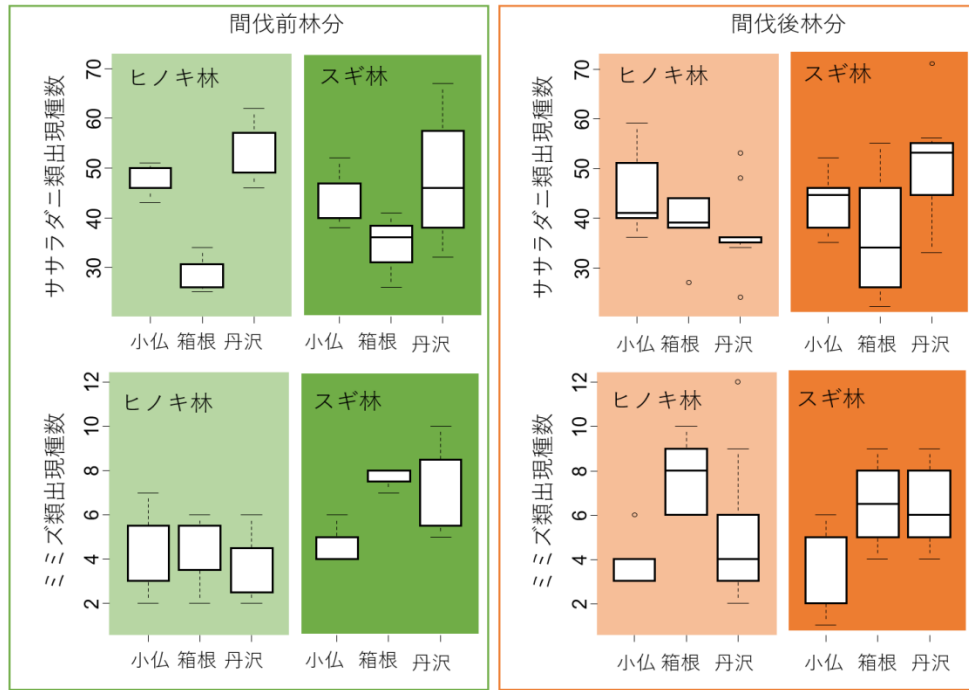


図1 地域別・林分別に見たミミズ類・ササラダニ類の種数の間伐前後の比較

表1 ササラダニ、ミミズの種数・個体数における間伐および植生との関係の推定結果

目的変数	間伐	標高	傾斜	林床植生		木本層		切片		
				種数	植被率	種数	BA			
ササラダニ	種数	-	<b>0.138</b>	<b>-0.080</b>	<b>-0.060</b>	0.0633	0.038	-0.042	<b>3.720</b>	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ミミズ	種数	-	<b>-0.140</b>	-	-0.059	-	<b>0.130</b>	-	-	<b>1.692</b>
	個体数	<b>0.263</b>	-	<b>-0.332</b>	-	<b>0.107</b>	-	<b>0.093</b>	<b>2.455</b>	

\*GLMMによる解析とAICによる変数選択の結果。係数値の太字は $p < 0.05$ を示す。

### (8) 今後の課題

土壌動物と間伐の関係について、ミミズの個体数の増加がみられたものの、他では有意な結果ではなかった。一方で、地形要因や林床植生、更新木、木本層との関係性は見られた。これより、間伐が、林内の草本や木本の成長や侵入を促進させることで、間接的に土壌動物に及ぼしている可能性がある。今後は、間伐と土壌環境との関係を視野に入れて、詳細な解析をしていく。

### (9) 成果の発表

なし

- (2) 水源林などの公益性の高い森林再生技術開発  
(2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発  
C. 水源林の整備が森林生態系に及ぼす効果把握

- (1) 課題名 Cc. 昆虫（林床性・地表性）  
(2) 研究期間 平成 25 年度～  
(3) 予算区分 森林環境調査費  
(4) 担当者 近藤博史・遠藤幸子・田村 淳

#### (5) 目的

間伐によって変化する林内環境が地表性・林床性昆虫の多様性に及ぼす効果を検証する。

#### (6) 方法

小仏山地・丹沢山地・箱根外輪山の 86 林分において地表性昆虫および林床性昆虫の種数と個体数について調査した。地表性昆虫調査では、20 m × 20 m の調査区内に 20 ヶ所ピットホールトラップを設置し、徘徊性の昆虫類を採取し、同定を行った。林床性昆虫調査では、調査区内を 5 分間スリーピング法により林床に生息している昆虫類を採取し、同定を行った。その後、捕食性と草食性（リター食含む）に分類した。間伐の有無については、全林分を過去十数年間で間伐の記録がない場所と間伐された場所に分け、前者を間伐前林分、後者を間伐後林分とした。

また、本予算内の別調査で行われた林床植生調査、林分構造調査のデータより、林床植生の種数、植被率、木本層の種数、BA をそれぞれ解析に使用した。

全 86 林分の内、スギ・ヒノキ人工林（59 林分）において地表性昆虫および林床性昆虫の種数や個体数に間伐が与える影響について一般化線形混合モデル（GLMM）による解析を行った。目的変数に地表性昆虫と林床性昆虫における捕食者と草食者の種数と個体数を、説明変数に間伐の有無、林床植生の種数、植被率、木本層の種数、BA とし、地域と林分タイプをランダム効果、確率分布はポアソン分布とした。各モデルについて、AIC による変数選択を行い、ベストモデルを抽出した。解析には変数は標準化したものを使用した。さらに、地表性昆虫と林床性昆虫の捕食者・草食者との相関関係を調べた。

#### (7) 結果の概要

地表性・林床性昆虫の多様性に影響する間伐及び林内環境要因について解析した結果、昆虫類の種数個体数に対して、一部を有意ではないがほとんどのモデルで間伐の効果がベストモデルに選択され、少なからず間伐後林分の方が間伐前林分に比べ昆虫類の多様性が高くなる傾向があった。また、植被率もほとんどのモデルでベストモデルに採用されたことから、林床植生の存在が昆虫類の多様性に強く影響していると考えられた。さらに、昆虫類の個体数に関しては木本層の種数や BA の影響も見られた。地表性の草食者（リター食者含む）については、全ての変数において有意な結果とはならなかった。地表性昆虫と林床性昆虫における捕食者と草食者での相関関係について解析した結果、地表性・林床性ともに有意な正の相関がみられた。しかし、捕食性個体数と草食性個体数の相関関係は、両者種数のものに比べ低かった。

#### (8) 今後の課題

今後は、さらに特定の種群に着目し、分類群を絞った解析を試みる。地表性の草食者（リター食者含む）の多様性については、地上の植物のみでは説明が出来なかったもので、リターの量や質、土壌環境、さらに、ササラダニやミミズ類などとの相互関係なども視野に入れて調査、解析する予定である。

(9) 成果の発表

なし

表 1 地表性・林床性昆虫の種数・個体数における間伐および植生との関係の推定結果

目的変数			間伐	標高	傾斜	林床植生		木本層		切片
						種数	植被率	種数	BA	
地表性	捕食者	種数	<b>0.307</b>	-	-	-	<b>0.104</b>	-	-	<b>1.777</b>
		個体数	<b>0.577</b>	<b>0.183</b>	-	<b>-0.292</b>	<b>0.327</b>	<b>0.184</b>	<b>0.079</b>	<b>2.495</b>
	草食者	種数	0.250	-	-	-	-	-	-	0.957
		個体数	0.187	<b>0.415</b>	<b>-0.214</b>	<b>-0.224</b>	<b>0.435</b>	<b>0.150</b>	-	1.887
林床性	捕食者	種数	-	-	-	-	<b>0.345</b>	-	-	<b>2.275</b>
		個体数	<b>0.359</b>	<b>-0.299</b>	-0.061	<b>0.154</b>	<b>0.288</b>	<b>0.133</b>	<b>0.098</b>	<b>3.014</b>
	草食者	種数	0.146	<b>0.170</b>	-	0.080	<b>0.329</b>	-	-	<b>2.351</b>
		個体数	0.106	-	-0.400	0.155	0.204	-	0.358	2.956

\*GLMM による解析と AIC による変数選択の結果。係数値の太字は  $p < 0.05$  を示す。

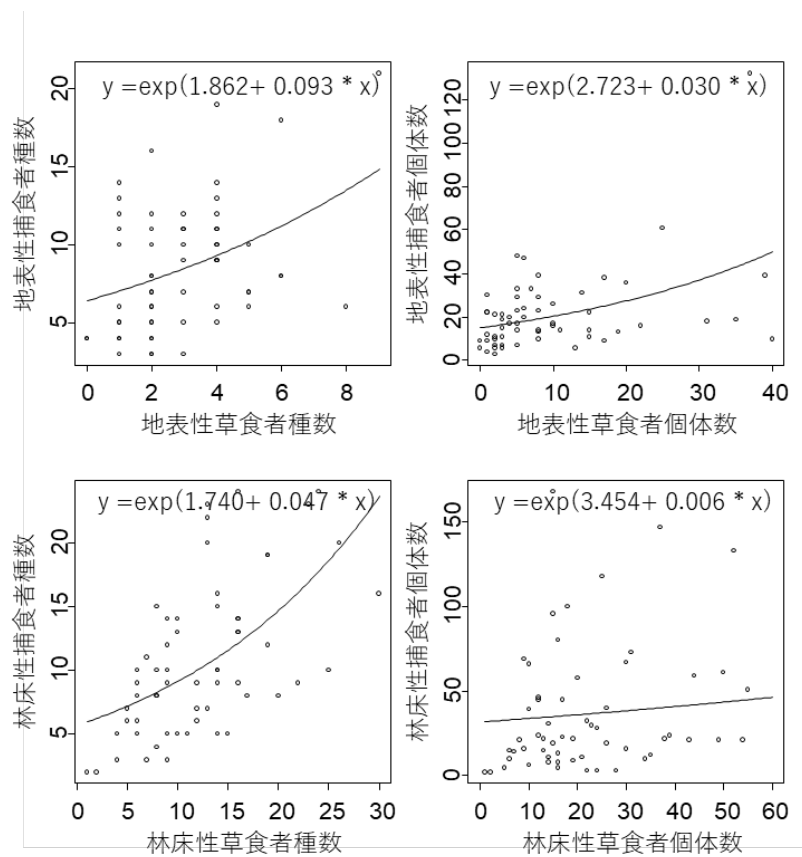


図 1 地表性・林床性昆虫の草食者と捕食者の関係

- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発
- (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発
- C. 水源林の整備が森林生態系に及ぼす効果把握

- (1) 課題名 Cd. 鳥類
- (2) 研究期間 平成 25 年度～
- (3) 予算区分 森林環境調査費
- (4) 担当者 遠藤幸子・近藤博史・田村 淳

#### (5) 目的

神奈川県では人工林を間伐することにより、複雑な階層構造をもつ針広混交林を目指している。本研究では、複雑な階層構造をもつ森林が、鳥類相を豊かにするかを検証するため、森林における階層構造の複雑さと鳥類の種と個体数の豊かさとの関係について調べた。

#### (6) 方法

##### 調査地と調査期間

- ・小仏山地 27 林分  
鳥類：2014 年 6 月 2～30 日  
樹木：2013 年 11 月 11～26 日
- ・箱根外輪山 21 林分  
鳥類：2014 年 5 月 26 日～6 月 20 日  
樹木：2014 年 10 月 1 日～11 月 20 日
- ・丹沢山地 32 林分  
鳥類：2015 年 5 月 31 日～6 月 22 日  
樹木：2015 年 11 月 9 日～12 月 14 日

##### 調査方法

###### 鳥類調査

観察時間は 4:30 から 9:30 で、調査期間内に同林分で 2 回の調査を行なった。25m×25m 枠の調査区域（20m×20m 枠の樹木調査コードラートを含む）内に出現した鳥類の種と個体数を 30 分ごとに算出した。ただし、調査林分を通過したのみの個体については数に含めなかった。

###### 樹木調査

20m×20m の方形区内の木の木数、樹種、樹高を測定した。樹高は 5 本に 1 本の割合で実測し、残りの 4 本については目測した。樹高の階層構造の複雑さは、シンプソンの多様度指数 (D) の式を用いて算出した値を指標とした。

###### データ解析

森林の階層構造の複雑さと鳥類の種数と個体数との関係を解析するために、一般化線形モデルを用いた。解析モデルには、樹高の多様度指数以外に鳥類の種数や個体数に影響を与えると予測され

る要因：1) 樹種数、2) 樹木数、3) 植被率(1.5m以下)、4) 優占樹種、5) 調査地域、6) 林分の周囲半径 500m 円内の土地面積に対する森林率(%)を含めた。

## (7) 結果の概要

鳥類の種数は樹高の多様度指数(D)が大きくなると、ゆるやかではあるが増える傾向がみられた(図1:GLM, 擬似ポアソン分布,  $n = 80$ ,  $P = 0.027$ )。その一方で、樹種数、樹木数、植被率、優占樹種、調査地域、周囲の森林率は種数に影響を与えていなかった。また個体数においても、樹高の多様度指数が増加するに従って増える傾向がみられた(図2: GLM, 負の二項分布,  $n = 80$ ,  $P = 0.018$ )。種数と同様、他の要因の効果はみられなかった。これらのことから、森林の階層構造が発達すると、鳥類の種数と個体数が増加することが示唆された。

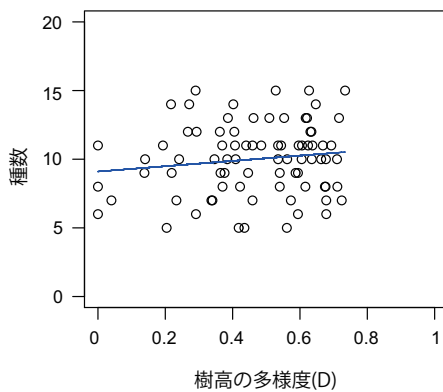


図1 樹高の多様度 (D) と鳥類種数 (n=80)

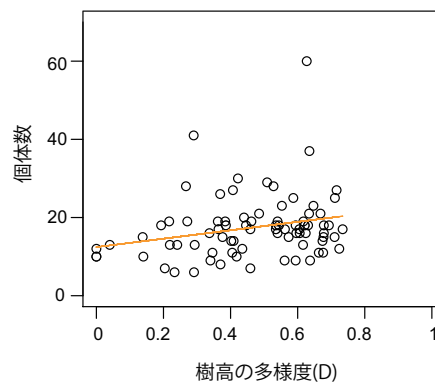


図2. 樹高の多様度と鳥類個体数 (n=80)

## (8) 今後の課題

長期的な課題となるが、間伐が実施された林分における森林構造の変遷とともに、鳥類の種数と個体数の変化をモニタリングしていく必要がある。

## (9) 成果の発表

なし

- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発
  - (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発
- C. 水源林の整備が森林生態系に及ぼす効果把握

- (1) 課題名 Ce. 総合解析
- (2) 研究期間 平成 25 年度～
- (3) 予算区分 森林環境調査費
- (4) 担当者 田村 淳・近藤 博史・遠藤 幸子

**(5) 目的**

本業務では、間伐が森林の生物多様性に与える効果を多分類群で総合的に評価することを目的としている。しかしながら、これまでに得られた調査データは分類群によってその量的性質が異なる為（例：在不在、個体数、植被率等）、総合的な解析を行なう上で各分類群の多様性指標を検討する必要があった。そこで本年度は、量的性質の異なる多分類群において統一して扱うことのできる多様性指標の開発を行なった。

なお本業務は、全て株式会社野生動物保護管理事務所に委託し実施されたものである。

**(6) 方法**

統一的な多様性指標を開発する為に、平成 25～27 年度にかけて小仏（H25・26）・箱根（H26）・丹沢（H27）の 3 地域の 86 区画で実施された各分類群の組成データを使用した。対象とした分類群は、植物（草本層）、ササラダニ、林床性昆虫、地表性昆虫、ミミズ、鳥類の 6 つである。

総合解析を行うにあたり同水準で扱える多様性指標を作るため、①調査データの観察値が定性的なもの（在・不在）と定量的なもの（個体数など）の両方を扱える指標であること、②調査年や地域の違いを考慮することの 2 点を踏まえて、一般化線形混合モデル（GLMM）を用いて「各分類群のそれぞれの調査区における出現のしやすさ（出現強度）」を算出するモデル式を作成した。モデル構造は表 1 に示す。モデル式の目的変数には、各種の個体数・被覆度・在・不在データを用い、説明変数には切片を示す 1 を、変量効果として林相と林分に関する情報と種をそれぞれ単独で、また調査地域と調査年度を入れ子構造で含めた。

表 1 各分類群の出現強度を算出するための一般化線形モデルの構造

分類群	目的変数	誤差分布	リンク関数
植物	被覆率	ガンマ分布	log（自然対数）
ササラダニ	在・不在	二項分布	logit（log オッズ比）
林床性昆虫、地表性昆虫 ミミズ、鳥類	個体数	ポアソン分布	log



## (7) 結果の概要

算出されたそれぞれの分類群における出現強度について、妥当性を確かめるために、その調査区における種数との相関関係を調べた（図1）。全体的な傾向としては、データの分布は正の相関を示していた。さらに、従来の指標が年変動や地域差といった要因を排除できていないことを考慮すれば、分類群による違いはあるものの、出現強度が生物多様性の指標として十分使用できるものと考えられた。

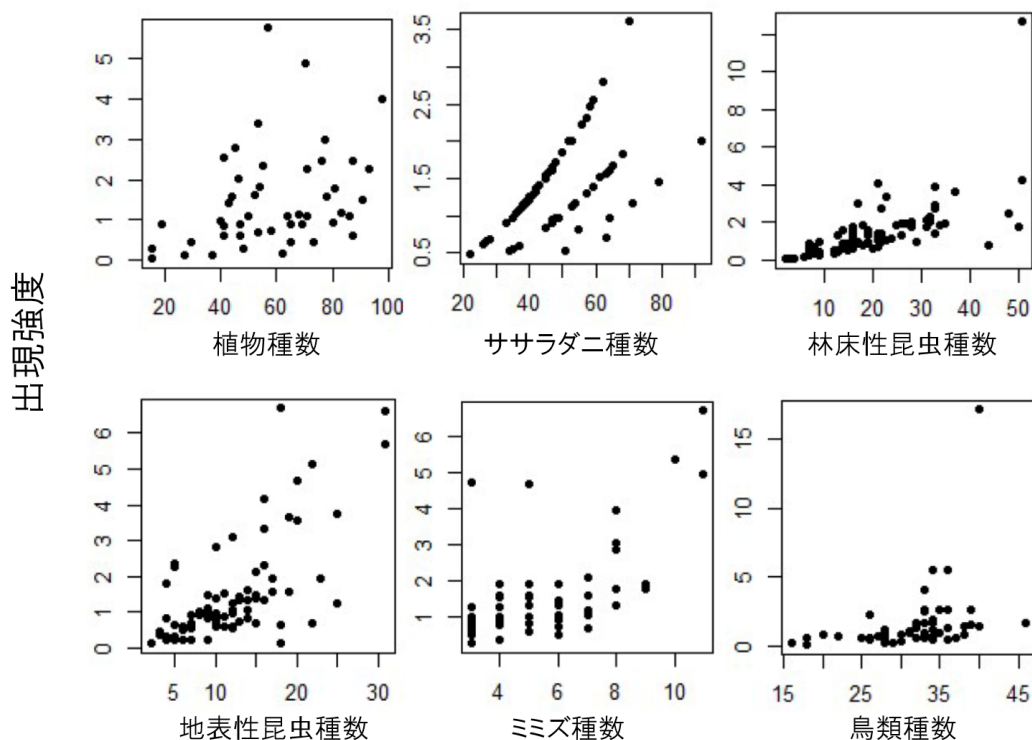


図1 各分類群における種数と算出された出現強度の関係

## (8) 今後の課題

平成28年度の業務では、開発された多様性指標（出現強度）を用いた総合解析と総合解析の結果に基づいた水源林の生物多様度の変遷を予測するシミュレーションが行なわれた。しかしながら、それらの解析ではデータの扱い方や解析方法に検討の余地があったため、今後は、問題事項を改善した上で再度解析を行なう必要がある。

## (9) 成果の発表

なし

- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発
- (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発
- D. スギ・ヒノキ花粉症対策品種開発と実用化開発

- (1) 課題名 Da. スギ・ヒノキ花粉発生源地域推定事業
- (2) 研究期間 平成 20 年度～
- (3) 予算区分 特定受託研究費
- (4) 担当者 齋藤央嗣・毛利敏夫・久保典子

### (5) 目的

社会的に大きな問題となっているスギ・ヒノキ等の花粉症に対し、発生源対策として花粉の少ないスギ品種の選抜等育種的な改良は行われているものの根本的な解決には至っていない。近年、抗アレルギー薬が開発され、花粉飛散前の服用により症状を大幅に緩和できるようになった。このため、花粉飛散量や飛散時期を予測する必要性が増している。しかし、花粉を飛散する雄花の着花量は年次変動が大きい。そのため雄花の着花量を直接観察することにより、花粉飛散量の予測を行う。なお、本事業は全国林業改良普及協会からの委託事業として実施した。

### (6) 方法

#### ①雄花着花量調査（スギ）

県内各地に成育するスギ林の中から、目視による調査に適した個体識別可能な見通しのよいスギ林を選定し調査林分とした。さらに設定にあつては県内山地のスギ林を対象に5kmメッシュで500haにつき1箇所を目安に設定した。調査箇所は平成9年度に設定した30箇所と平成14年度に追加した24箇所の計54箇所である。

スギの花粉を飛散する雄花は、夏に花芽の分化が起こり、秋になると雄花の観察が可能となる。このため雄花着花調査は11月中旬に行う。調査は対象林分内の40本のスギを抽出し、双眼鏡またはフィールドスコープを用いて、次の4ランク区分により、1本ごとに着花ランクを判定し着花点数を求める。調査地ごとの着花点数は40本の合計点数を本数で除した平均値で示す。

- |                      |      |
|----------------------|------|
| A：雄花が全面に著しく多い        | 100点 |
| B：雄花が全面にみられるか、部分的に多い | 50点  |
| C：雄花が部分的にみられるか、少ない   | 10点  |
| D：雄花がみられない           | 0点   |

#### ②目視によるヒノキ雄花着花調査手法の確立

目視によるヒノキの調査手法確立のため、40カ所のヒノキ林の目視調査と2カ所のトラップ調査を実施した。また目視調査の試行のため、2012年11月に選定した調査地の着花量調査を実施した。調査を行った定点林は、丹沢から箱根地域にかけてのヒノキ林に40カ所である。これらの調査地は、目的とするヒノキ雄花量調査を展開するため、①一定の樹体サイズ、林齢、林分面積を持ち、林道等に面し樹冠部の下まで10本の目視調査が可能であること、②明確な年次変動を得るため、目視面が北向きの林分を避け、豊作年である2013年(飛散年)に一定の着花が見られること、③神奈川県内のヒノキ林の分布を考慮し北部から西部にかけての林分をまんべんなく選ぶこと、などを考慮して選定した。いずれの調査地も林縁で固定した調査木(10本)を設定し、継続して調査できるように設定した。調査地のうち1～30までは新規に設定したヒノキ調査林分、31：採種園、32～40：1991年より雄花トラップ調査を継続している小田原市久野の10林分のうち9林分とした。このうち1～30までの調査地は今後の目視調査地、31～40についてはこれまでの雄花量の継続試験による実証試験地と位置づけた。調査林分のうち久野のヒノキ林については、20年以上にわた

る雄花トラップデータの集積があり、雄花量に対する都市域の花粉飛散量との関係も把握されている。

雄花着生状況の目視観測は、12月の4日間で実施した。観測には、倍率10～12倍の双眼鏡と、必要に応じて20倍の野鳥観察用望遠鏡を使用した。調査地は、前述のとおり樹冠部の観察のしやすいことを条件に調査地を設定しており、ほとんどの林分を双眼鏡による観測によって調査を行い、32～40の当初からのトラップ調査地等について望遠鏡を使用した。観測は雨や霧、強風時をなるべく避けて行った。40カ所の定点林ごとの調査本数は10本、総観察本数は400本である。

## (7) 結果の概要

### ①雄花着花量調査（スギ）

雄花着花量調査の平成9年から28年度までの年次変動を図1に示した。スギ林30箇所の着花点数の平均値（県内平均値）は、37.7点となり、やや多かった昨年（平成27年）の50.6点を下回った。また、本調査開始から19年間の平均値は43.3点で、今回の調査結果は平均値をやや下回った。このため、平成29年春の花粉飛散量は、やや多かった今年（平成28年春）と比べると減少し、例年よりやや少なくなると予想された。

地域別の着花点数は、県央部、県北部がいずれも43点台と県内平均値よりやや高く、県北西部が27.6点と低くなり、全体として県の西部が低く県央から県北方面で雄花が多く着花して地域的な差が認められた。この原因として県西部で前年の着花による結実が多く観察されており、そのために花芽が形成されなかったことが考えられる。

雄花の花芽形成と気象との関係について、一般にスギ雄花の花芽形成は、花粉が飛散する前年の夏（7月～8月）の気象条件との相関が高いとされる。高温少雨で、日照時間が多い気象条件であると花芽形成が促進され、雄花が多く着く傾向がある。平成28年夏の気象（横浜地方気象台「海老名観測所」）によると、7月の平均気温は平年の100%で平年並み、降水量は96%と平年より少ないものの、日照時間は平年の98%と雄花がやや少なくなる気象条件となった。

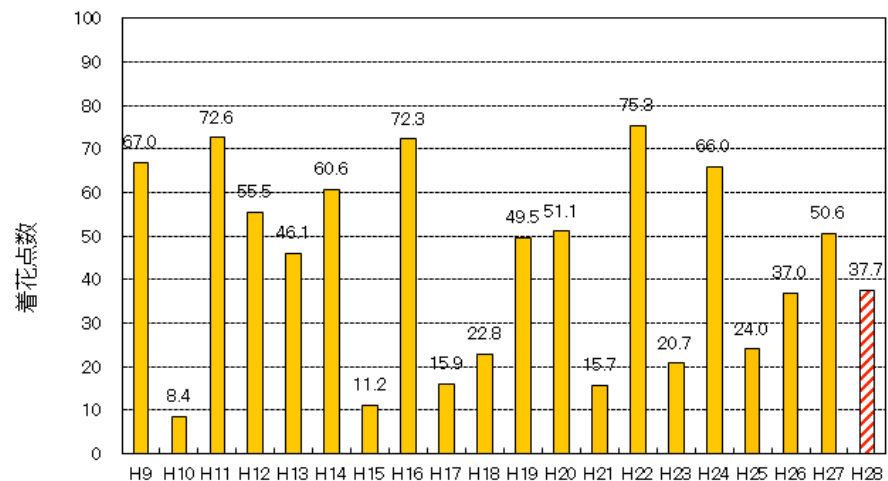


図1 県内スギ林30箇所の平均着花点数の年変化 (19年間の平均値:43.3点)

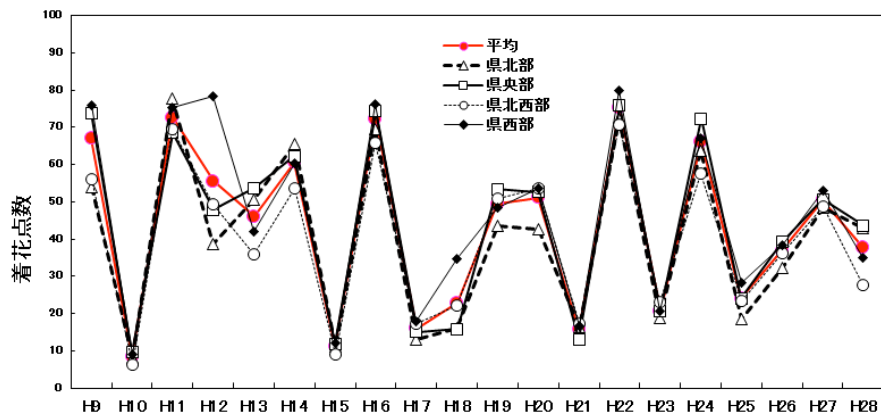


図2 地域別平均着花点数の年変化

H28は平均37.7、県北部43.0、県央部43.6、県北西部27.6、県西部34.9

一方、8月の平均気温は平年の102%と平年並み、降水量は平年の167%と多く、日照時間は平年の94%と雄花が少なくなる気象条件となった。この結果、図3の通り回帰直線に近く日照時間に対応した着花点数となった。このため2017年の飛散については気象要因からの飛散予測が有効になる可能性を示唆した。

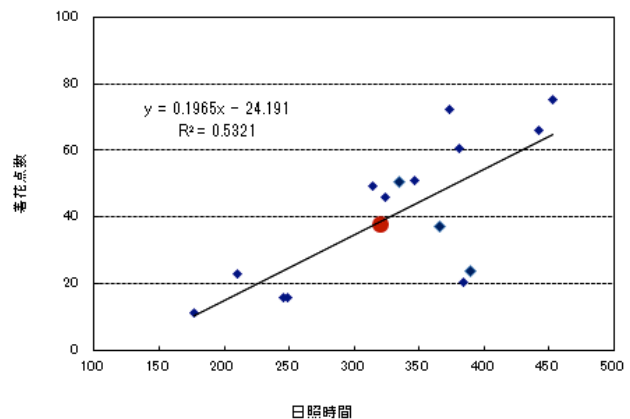


図3 7月と8月の日照時間と着花点数との関係  
(横浜地方気象台:海老名観測所 赤点が平成28年)

## ②目視によるヒノキ雄花着花調査手法の確立

### ア 目視による雄花量 (年次変動)

平成26年度から、6段階の暫定基準からスギ同様の4段階に移行したことから、今年度も引き続き継続のため両方の評価を行った。これまでの6段階で判定した結果による過去4年間の変動を図1、その林分ごとの変動を図2、雄花着生度から計算した点数の変動を図3に示した。図1の通り、2016年12月の調査結果では、ランクCの

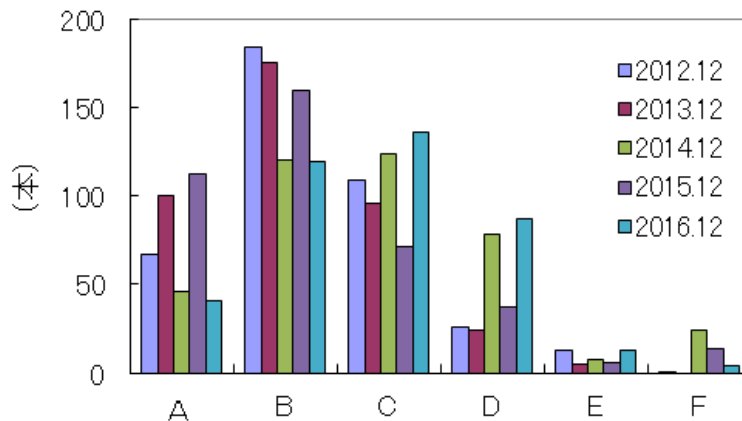


図1 2012～16年のヒノキ雄花着生度別本数

個体の割合が34%ともっと多くなり、正規分布に近似したグラフであった。前回の2015年12月はAランクの割合が最も高く着花が多かったが大幅に減少しており、この結果、着花ランクにより重み付けした点数(6段階ではA→10点、B→5点、C→2点、D→1点、E,F→0点)による年次変動(図3)は、過去4年間で最も小さくなり、やや不作年であると推定された。図2の林分ごとの年次変動では、おおむねどの林分も過去4年間で最も少なくなる傾向が認めら

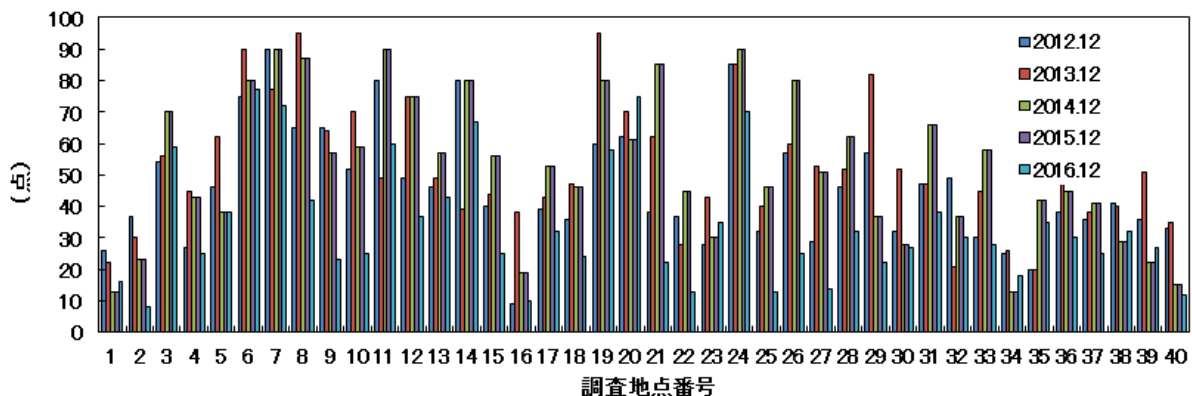


図2 林分ごとの雄花着生度から計算した点数の年次変動(2013～2017飛播期)

れたが、定点林6、7、14、24等の過去3年間とも多い林分では高止まりする傾向が見られ、多い林分はやや少ない年でも多い傾向が認められた。これは比較的着花しやすい林縁木の調査であり、林内40本を調査するスギに比較して林分内の変動幅が小さくなることも一因と推定された。

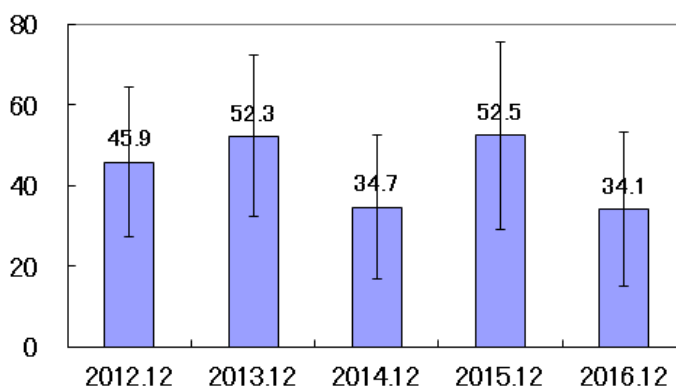


図3 神奈川県内のヒノキ林の雄花着花点数の年次変動  
棒は標準偏差を示す

#### イ 雄花生産量調査の結果

定点林32～40における雄花生産量調査の結果を図4に示した。雄花生産量は、2015年1月から7月に各5基の雄花トラップで捕捉された開花雄花、未開花雄花の雄花数を測定し、ヒノキ林1m<sup>2</sup>あたりに換算したものである。原則として直接個数をカウントしたが、試料が多い場合は乾燥重量を計量し、100個あたりの重量を計測して換算して求めた。ヒノキ雄花生産量は、8,951個/m<sup>2</sup>となり、前年よりは増加したもので、これまでの24年間の平均は10,824個/m<sup>2</sup>であり、やや不作年と位置づけられた。

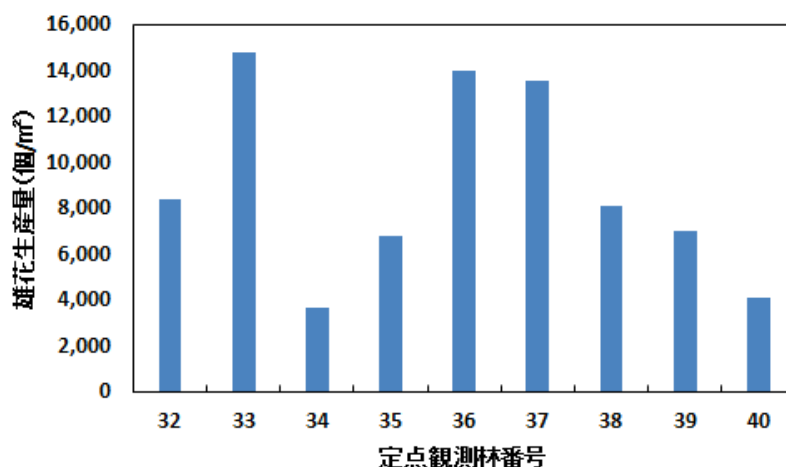


図4 雄花トラップによる雄花生産量(2016年)

目視調査では、多くなる予測であったが、前年よりは増加したが、平均以下にとどまった。これは、県全体の着花量と調査林分との差が生じた可能性がある。

また、開花雄花に対する未開花雄花の割合は8.6%～15.2%、平均は10.8%であり、前年はいずれも5%前後であったことから、その割合がより大きくなった。これは2016年飛散期は比較的豊作年であったが、何らかの条件で着花した雄花が未開花になったことが示している。ただし、全体の1割程度であり、飛散量への影響は少ないと思われる。

#### ウ 観測手法の検証

##### ・2015年度の目視観測結果と雄花生産量との関係

図1に示した2015年12月の雄花着生度別本数(6段階)から計算した点数と図4の雄花生産量との関係を図5に示した。相関係数は0.87で有意な高い相関が認められ(p<0.01)これまででもっとも高くなった。4月調査では相関係数が0.90まであがることから、昨年を目視調査が雄花量をうまく指標できたことを示している。相関が高くなった要因としては、2016年飛散期は前年よりも豊作であり、目視調査の結果と相関が得やすい条件であった可能性がある。

また調査を2013年飛散期からの4年間実施したことから、4年間の9林分の雄花着生度から計算した点数とトラップによる雄花生産量との関係を図6に示した。12月と3-4月調査の相関係数は、

いずれも0.46で有意な相関関係が認められた ( $p < 0.01$ ) ことから、林縁の目視と林分の雄花生産量は一定の関係があることが示唆された。

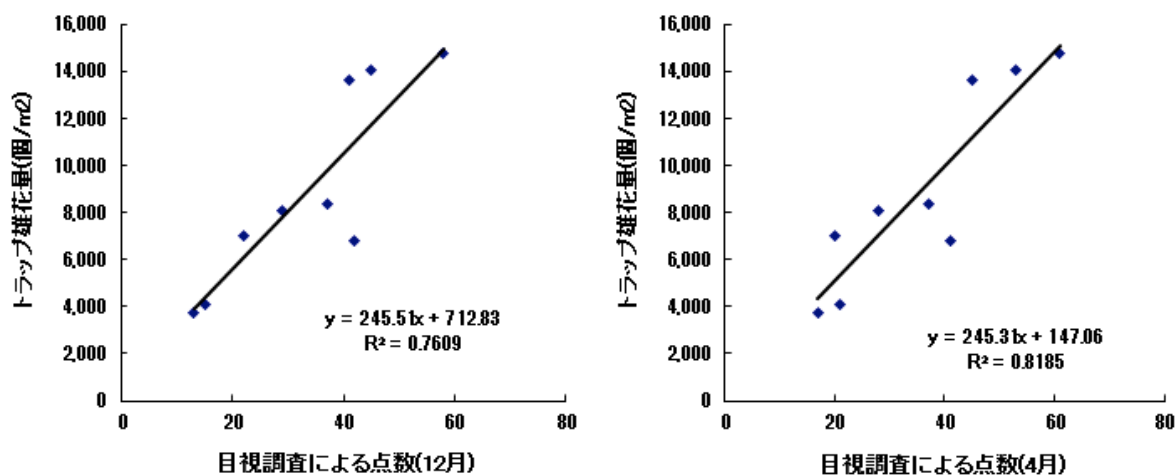


図5 2016年開花期における雄花着生度から計算した点数と雄花生産量の関係

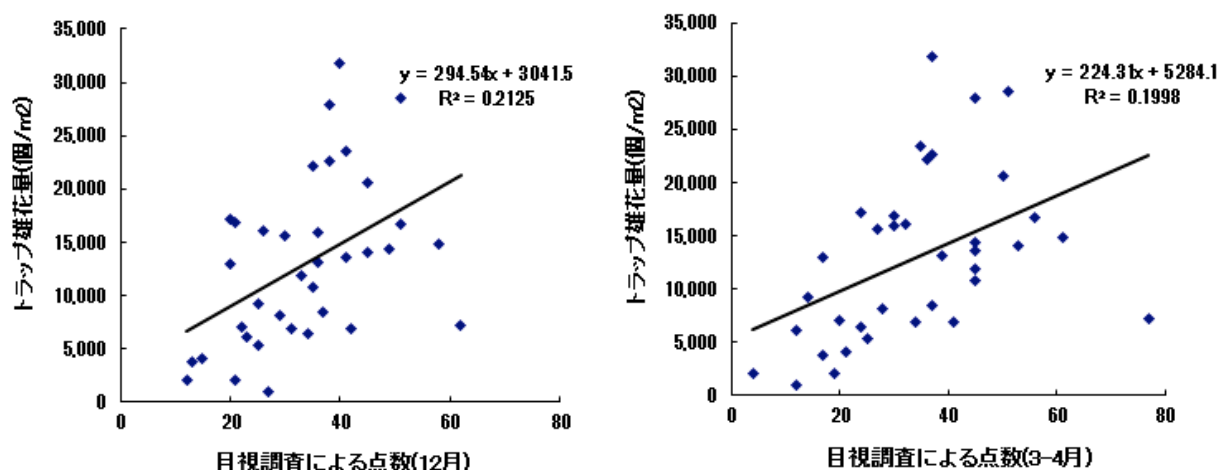


図6 2013～2016年開花期における雄花着生度から計算した点数と雄花生産量の関係

図6で明らかなように前述した2015年の外れ値の1点が回帰線を大きく外れておりこの値を外すと12月と3-4月調査の相関係数は、0.56、0.58と有意な高い相関となった ( $p < 0.01$ )。この調査林分31 (48年生) は、過去に間伐後に気象害を受け林内の一部にギャップを生じている林分であり、今後外して解析した方がよい可能性がある。

・観測結果 (調査ランク)

2014年度から、6段階の暫定基準案から4段階に移行したが、今回の調査では昨年引き続きこの2つの方法の比較を行った。比較方法は、これまでの6段階と4段階を現地で判定したものを、その両者を比較するという方法で行った。林分ごとの観測結果を図7に示した。6段階の雄花着生度別本数は、前年に比べると雄花の着生量が多いA、Bと判定された個体が少なくなり、Aと判断された個体も少なくなった。この結果、6段階と4段階の雄花着生度別本数に重みづけの点数 (6段階ではA→10点、B→5点、C→2点、D→1点、E、F→0点、4段階ではA→100点、B→50点、C→10点、D→0点) をかけて合計し、調査本数10本当たりの点数を計算して比較したところ、両者は前年よりは相関係数が低下したものの、非常に高い相関が認められた ( $r = 0.99$ 、 $p < 0.01$ ) (図8)。今年は前年に比較して不作年であったが、不作でもA、Bに重点を置い

た4段階の評価は、6段階の暫定基準と同等の値が得られ、判定区分が少ない分、目視観測の労力軽減に有効と考えられた。

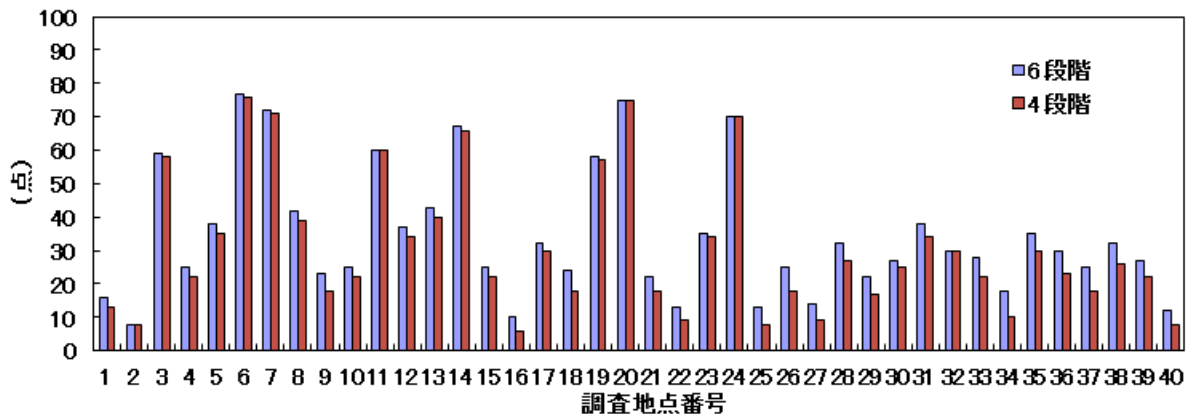


図7 雄花評価ランク別の林分ごとの雄花着生度から計算した点数(2017年飛散期)

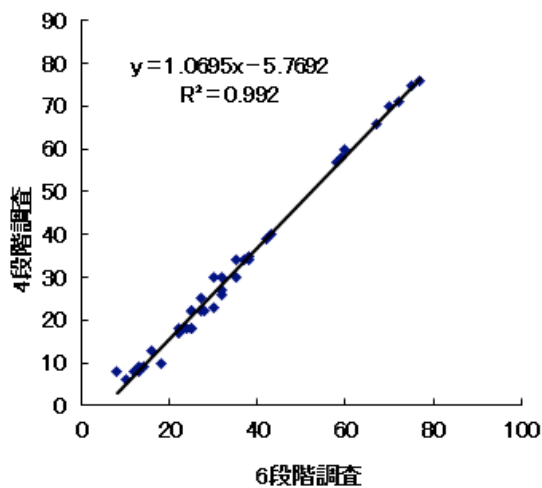


図8 定点林における6段階と4段階の点数化した雄花着生量の関係

#### (8) 今後の課題

スギでは長期の調査により雄花着花量の観察にあたり、周辺樹木の成長により見通しが悪くなる調査地がある。また第2東名高速道の工事の影響により1林分を近隣スギ林に変更した。

ヒノキの12月の調査は、雄花量が少ないと判断が難しい場合があり一部は4月の再調査と大きく異なる林分があった。

#### (9) 成果の発表

- ・スギ雄花着花調査の結果は、平成28年12月21日に県政、厚木・大和・相模原・秦野・小田原記者クラブにおいて同時発表した（平成29年春の花粉飛散量はやや少ない）。

- ・ヒノキの目視調査の結果について、昨年に引き続き平成29年1月31日に県政、厚木・大和・相模原・秦野・小田原記者クラブにおいて同時発表した（平成29年春のヒノキ花粉飛散量は昨年より少ない）。これはヒノキの雄花量による飛散予測としては全国唯一である。

- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発
- (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発
- D. スギ・ヒノキ花粉症対策品種開発と実用化開発

- (1) 課題名 Db. スギ・ヒノキ林の花粉削減研究
- (2) 研究期間 平成 22 年度～
- (3) 予算区分 一般試験研究費
- (4) 担当者 齋藤央嗣・毛利敏夫・久保典子

#### (5) 目的

スギ等の花粉症に対して、その発生源となっている森林・林業側からも根本的な対策を検討していく必要がある。林木育種事業では、花粉の少ないスギ、ヒノキ品種の選抜や無花粉スギの選抜を進めている。本研究では、スギ・ヒノキの花粉発生に関する基礎的な問題を検討するため、雄花生産量や花粉飛散量などについて調査する。

#### (6) 方法

##### ア ヒノキ林の雄花トラップ調査

ヒノキの林分状態の違いによる雄花着花量の動態を明らかにするため、小田原市久野で林齢の異なる 10 箇所のヒノキ林において雄花トラップを設置し、4 月から 6 月まで月 1 回トラップに落下した雄花等の試料を回収する。現地で回収した試料は室内でゴミを除去し、雄花数と雄花重を測定する。

##### イ 採種園の着花動態調査

花粉の少ない系統選抜と種子生産量の予察に資するため、21 世紀の森地内のスギ採種園とヒノキ採種園において精英樹を対象に目視により着花量を調査する。またヒノキ林から雄性不稔ヒノキ探索を行う。

##### ウ スギ林分の花粉飛散量調査

スギ林内の雄花生産量と花粉飛散量の関係を明らかにするために、当センターのスギ林（1973 年植栽）内にダーラム型花粉採取器を設置し、1 月 4 日から 4 月 30 日までの間、1 日当たりの花粉飛散量を測定した。また、スギ林内の雄花生産量を把握するため雄花トラップを設置した。採取試料は小田原市久野のトラップと同様、雄花数と雄花重を測定する。なお、土・日および休日のデータ回収は自然保護公園部自然保護課の協力により実施した。

#### (7) 結果の概要

##### ア 久野ヒノキ林の雄花トラップ調査

雄花着花量の年次変動は、2016 年は 9,108 個/m<sup>2</sup> と 2015 年の 6,241 個/m<sup>2</sup> を上回り増加したものの平均値 (11,618 個/m<sup>2</sup>) に近い雄花量となった (図 1)。年次変動は前年夏の日照時間と有意な関係であり (p<0.01, 図 2)、2015 年 7、8 月の日照時間が 355 時間で平均をやや上回るものの平均に近い時間になったことが原因と考察された。

##### イ 着花動態調査

21 世紀の森地内のヒノキ採種園において 1998 年からの雄花の着花指数と種子生産量の関係を図 3 に示した。2016 年の自然着花の指数平均は 1.76 と前年 2.30 を下回り、2010 年以来の不作年となりウの所内のヒノキ花粉飛散量と同様の結果になった。ヒノキ林の調査では、雄花着花量が少なく十分な調査を実施することができなかった。

##### ウ スギ林分での花粉飛散量調査

平成 28 年春のスギの総花粉飛散量は、図 4 に示したように 6,260 個/cm<sup>2</sup> となり前年値 (15,740 個/cm<sup>2</sup>) 及び平均を下回った。ヒノキについても 990 個/cm<sup>2</sup> となり前年値 (3,510 個/cm<sup>2</sup>)、平



均値を回った。スギの総花粉飛散量と雄花生産量との関係を見ると、高い相関がみられた。また別に実施している着花量調査との関係を調査したところ雄花量と花粉飛散量との間にも高い関係が認められた（図5）。

### (8) 今後の課題

ヒノキの雄花は花粉飛散の直前にならないと目視しにくい。花粉飛散量の予測のためにはスギのように早い段階で雄花着花量を把握する手法が必要とされている。その実証手法として雄花トラップの値を活用する。

環境省「はなこさん」のシステムのリアルタイム花粉モニターが、平成29年から都市域に移設され、花粉発生源の測定を実施することができなくなった。今後代替手段を検討する。

### (9) 成果の発表

- ・スギ林分での花粉飛散量調査結果について、花粉飛散情報として平成19年より、1日当たりのスギ、ヒノキの花粉飛散数をほぼ1週間おきに当センター研究連携課のホームページで公開した。
- ・自然環境保全センターで実施している花粉症対策の取組について、ダーラム法や雄花の花粉計測手法について、所内企画展「無花粉スギってなんだろう」に出典した。

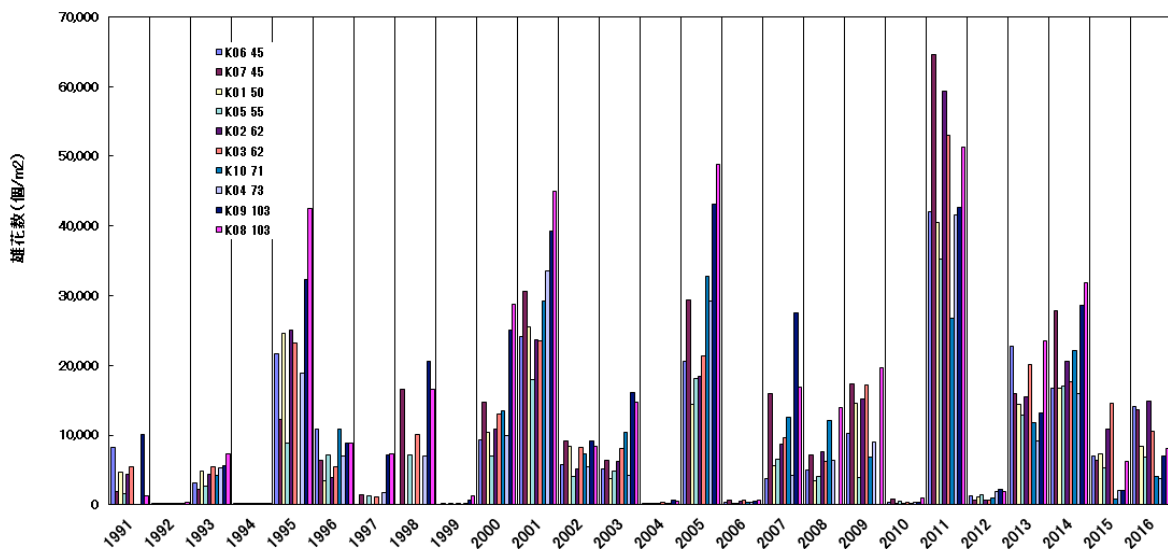


図-1 神奈川県小田原市におけるヒノキ雄花数の年次変動

凡例の数字は2012年時点の林齢を示す。

91年K04-10、95年K10、97年よりK01-02-06-10は欠測、

2008,09年はK09欠測

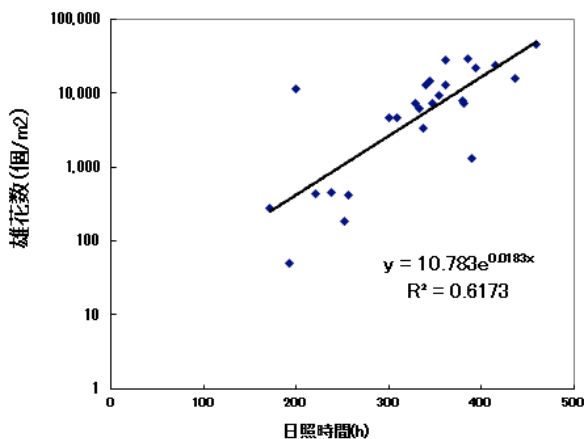


図2 日照時間と雄花数の関係

日照時間は7・8月合計、指数回帰により有意な相関関係あり( $r=0.66, n=25, d.f.=23, p<0.01$ )

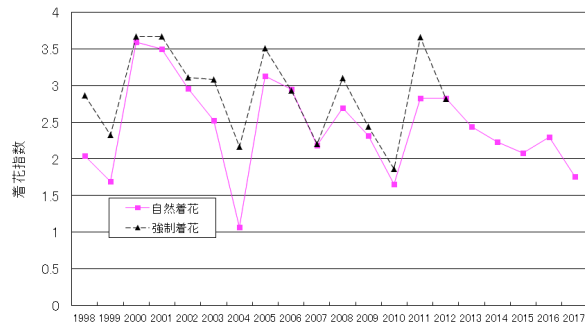


図3 21の森探種園の着花指数の年次変動

注)2012年よりエリア別の強制着花を中止

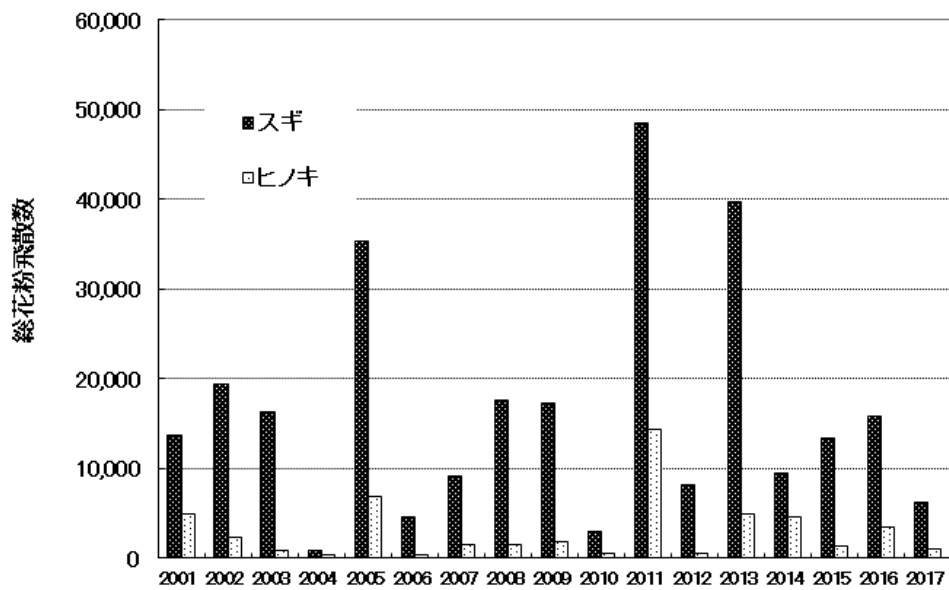


図4 スギ・ヒノキの花粉総飛散量の年変化

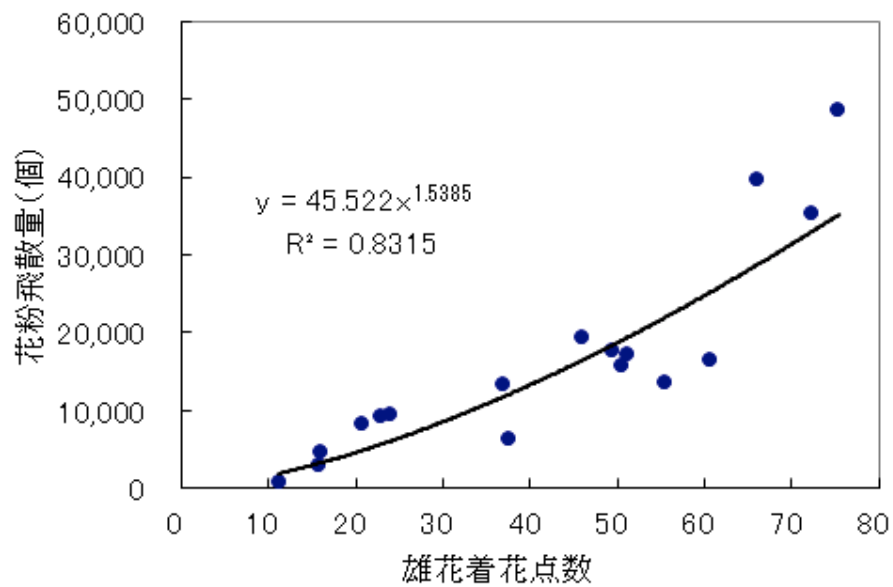


図5 雄花着花点数と花粉飛散量(厚木市七沢)との関係(n=17) \*\*:1%水準で有意

- (2) 水源林など公益性の高い森林再生技術開発
- (2-1) 効果的な水源林の整備に関する研究開発
- D. スギ・ヒノキ花粉症対策品種開発と実用化開発

- (1) 課題名 **Dc. 無花粉ヒノキの実用化研究**
- (2) 研究期間 **平成 27 年度～平成 28 年度**
- (3) 予算区分 **神奈川重点化研究事業（科学技術・大学連携課）**
- (4) 担当者 **齋藤央嗣・毛利敏夫・久保典子**

**(5) 目的**

全国で初めて発見した無花粉ヒノキを早期に実用化するため、効率的な増殖手法を開発するとともに、品種登録に必要な特性の解明、さらには種子を生産可能な雄性不稔ヒノキを選抜する。無花粉ヒノキの遺伝特性の解明のため、遺伝マーカー開発を行い遺伝解析を進めるとともに、効率的な選抜に向けてヒノキ連鎖地図作成のための材料の育成やマーカー開発を実施する。

**(6) 方法**

ア 無花粉ヒノキの早期実用化（自然環境保全センター）

無花粉ヒノキ特性解明のため、選抜した無花粉ヒノキの初期植栽試験の試験地設定、特性調査の準備を行う。また、無花粉ヒノキのコンテナ苗生産を行い、効率的な生産手法を開発する。さらに新たな無花粉ヒノキ候補木を 1 本以上選抜する。

(ア) 無花粉ヒノキの特性解明

選抜した無花粉ヒノキの初期植栽試験を行い、成長特性等を明らかにするとともに品種登録のためヒノキ基準品種「ナンゴウヒ」との比較検討を行い品種登録出願に資する。

(イ) 無花粉ヒノキ増殖手法の検討

無花粉ヒノキの普及のために必要な効率的な増殖手法の検討のため、さし木手法の検討とコンテナ用いた苗木生産法による増殖試験を行う。

(ウ) 新たな無花粉ヒノキ選抜試験

ヒノキ林の調査と品種家系別の苗木による無花粉選抜試験により、系統の明らかな、花粉のみが飛散せず、種子の生産が可能な雄性不稔となる無花粉ヒノキの早期選抜を目指す。

ア 無花粉ヒノキの遺伝解析

交配家系による連鎖地図作成に向けて、神奈川県産精英樹の人工交配を行い、種子生産を図る。また、連鎖地図作成のための大量マーカーの開発を進める。また、ヒノキ遺伝解析手法確立と無花粉ヒノキの遺伝特性の解明のため、効率的なヒノキマイクロサテライト手法を試行する。これにより無花粉ヒノキ候補木の遺伝解析を行う。

(ア) 交配家系による連鎖地図作成（森林総研・新潟大学・保全セ）

スギでは詳細な連鎖地図は作成されているが、ヒノキではこれまで作成されていない。そこで初めてとなるヒノキの連鎖地図作成を進め、将来の無花粉ヒノキマーカー（識別のための DNA 多型配列）開発に資する。※森林総研、新潟大学分は研究協力（自己負担課題）

①連鎖地図作成に資する交配家系の作成（保全セ）

神奈川県産精英樹の人工交配により、交配家系の育成を行う。

②連鎖地図作成に資する大量マーカーの開発（森林総合研究所・新潟大学）

連鎖地図作成のための大量マーカーの開発を行う。

(イ) ヒノキ遺伝解析手法確立と無花粉ヒノキの遺伝特性の解明（保全セ・新潟大学・森林総研）

無花粉ヒノキ遺伝解析についてのみ森林総研(1 年目)、新潟大学(2 年目)へ委託

①効率的なヒノキマイクロサテライト手法の確立（森林総研・新潟大学）（1～2年目）

マイクロサテライトマーカーを利用し、効率的な個体識別や遺伝分析に資する。

②無花粉ヒノキの遺伝解析（保全セ）（1年目～2年目）

家系別無花粉ヒノキ選抜試験で得られた無花粉ヒノキ候補木の遺伝解析を行い、父親の探索を行うとともに、戻し交雑試験により、親クローンの無花粉遺伝子のヘテロ性について確認を行う。

## （7） 結果の概要

ア 無花粉ヒノキの選抜と早期実用化（自然環境保全センター）

（ア） 無花粉ヒノキの特性解明（自然環境保全センター）

無花粉となる要因が減数分裂であること（図1）、秦野1号が2倍体であることを確認した。平成28年春に基準品種ナンゴウヒが着花しなかったため、改めて着花促進を行い平成29年に着花させることができた。H29年中に品種登録の特性表を作成する。

（イ）無花粉ヒノキ増殖手法の検討（自然環境保全センター）

効率的な苗木生産のためコンテナ苗の直さし試験を実施したが活着率は5%にとどまった（図2）。肥料入り培土の影響が考察された。一方通常さし木では活着率が100%となり、採穂木からのさし木で効率的に苗木生産ができる可能性を示唆した。

（ウ）新たな無花粉ヒノキ選抜試験（自然環境保全センター）

新たな無花粉ヒノキ候補木として、精英樹実生の試験から新たに6本を選抜した。このうち1本は、飛散期を過ぎても葯が開裂せず、花粉は観察されなかった（図3）。葯内は大小粒子があり秦野1号に酷似した。しかし平成29年春に再現性の確認を行ったところ、微少なながら花粉を形成した。

2 無花粉ヒノキの遺伝特性の解明（森林総研・新潟大学・保全セ）

（1） 交配家系による連鎖地図作成（森林総研・新潟大学・保全セ）

連鎖地図作成に資する交配家系として、H27に交配しした種子のうち7号と花粉対策品種の中10号、箱根1号の交配家系の種子を播種、育苗し連鎖地図作成試料に供した。

（ア）連鎖地図作成に資する大量マーカーの開発（森林総合研究所・新潟大学）

ヒノキの挿し穂からRNAを抽出してメッセンジャーRNAとして発現している遺伝子の配列を収集した。これらの配列（148,163本のコンティグ配列）の中から、連鎖地図の作成に利用できる遺伝的変異の候補としてマイクロサテライト（SSR）配列を探索した。その結果6,013本のコンティグ配列から6,763個のSSR（図4）が検出され、そのうち142個のSSRに対してPCRプライマーの設計を行ない、108がPCRで増殖しうち54が多型が得られた。

（イ）ヒノキ遺伝解析手法確立と無花粉ヒノキの遺伝特性の解明（新潟大学・森林総研）

①効率的なヒノキマイクロサテライト手法の確立（森林総研・新潟大学）

開発したマーカーの検討を行い、多型性の高いマイクロサテライトマーカー11個のマーカーが選択された。これらはクローンや親子識別に有効であった。

②無花粉ヒノキの遺伝解析（新潟大学）

品種登録に資するため開発したマイクロサテライトマーカーを用い、秦野1号と基準品種等のマイクロサテライト分析を行い異なることが確認された（表）。また新たに選抜した無花粉ヒノキの父系分析を行い、両親を特定し交配家系の育苗を実施した。

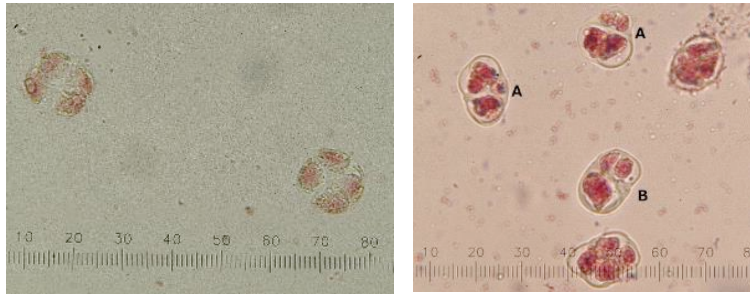


図1 秦野1号（仮称）の花粉母細胞の減数分裂

A: 不等分裂、B: 異数分裂  
左: 対照個体 右: 秦野1号

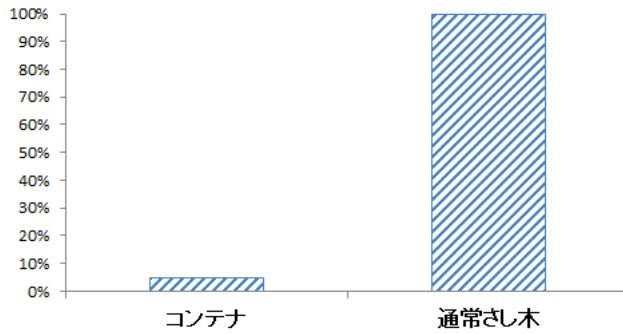


図2 秦野1号の処理別さし木発根率  
カイ二乗検定により有意に品種間で発根個体数が異なる  
( $\chi^2=47.90, p<0.001$ )

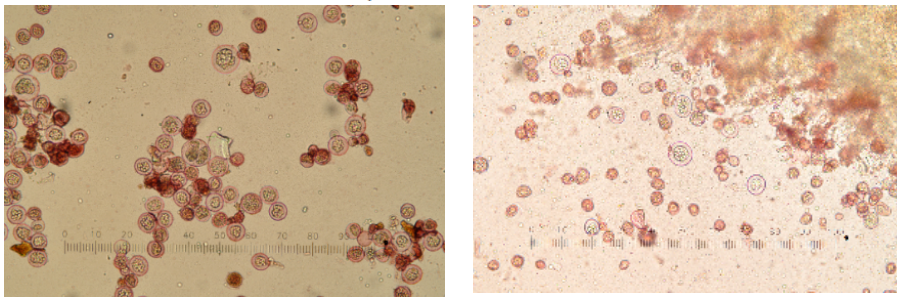


図3 新たな無花粉ヒノキ候補木(右)の薬内(左)、秦野1号の薬内(中央)

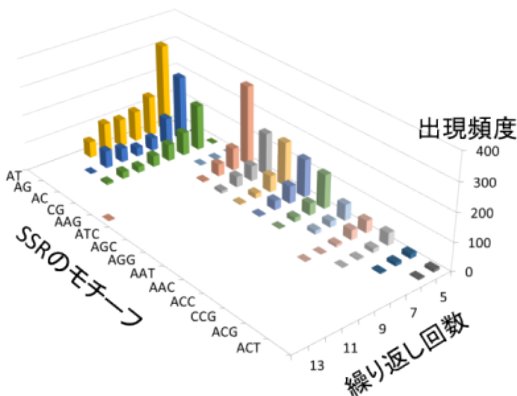


図4 ヒノキの発現遺伝子に含まれる SSR の出現頻度  
(6,013 個の遺伝子配列から 6,763 個の SSR を検出)

表 秦野1号とヒノキ基準品種等のマイクロサテライトマーカーによる遺伝子型の一覧表

	bcco1360	cos1951	cos2680	cos2224	cos2610	bcco0919	bcco0112	bcco1318	bcco1121	bcco0883	bcco0037											
ナンゴウヒ	148	148	195	199	172	177	179	189	187	200	88	102	84	86	127	147	150	180	107	121	160	182
秦野1	166	205	199	242	179	179	189	193	188	202	98	98	82	82	153	153	150	168	84	96	162	170
足柄したれ	174	191	193	207	175	177	175	193	188	190	90	113	70	88	137	161	150	150	94	100	177	180
丹沢したれ	148	158	205	222	166	172	179	189	200	200	111	126	80	80	153	153	152	194	100	115	164	178
摩久井したれ	174	174	203	240	162	172	189	212	186	186	102	106	88	90	143	153	150	176	100	105	170	174

#### **(8) 今後の課題**

「秦野1号」の品種登録については、秋の結実を確認後、平成29年度中に特性表を完成させ出願を行う。これにあわせて平成30年の無花粉ヒノキ生産開始を目標とする。また新たな無花粉ヒノキについて、選抜を目指す。

#### **(9) 成果の発表**

齋藤央嗣・毛利敏夫・久保典子（2017）両性不稔ヒノキ「秦野1号（仮称）」のさし木特性  
森林遺伝育種学会第5回大会（ポスター発表）

齋藤央嗣（2017）ヒノキ両性不稔個体の発見. 日本森林学会誌99（印刷中）

2 水源林など公益性の高い森林再生技術開発  
(2-2) 野生動物と共存できる森林管理技術の開発

- (1) 課題名 A シカ森林管理一体的推進手法の開発  
(2) 研究期間 平成 24 年度～平成 28 年度  
(3) 予算区分 丹沢大山保全・再生対策事業費（中高標高域ニホンジカ管理捕獲等事業費）  
(4) 担当者 田村 淳・谷脇 徹・西口孝雄

(5) 目的

1997 年度から実施している水源林整備事業では下層植生を豊かにすることを目的の一つとしてスギ・ヒノキ人工林と広葉樹林で間伐や受光伐といった施業をしている。一方、2003 年度からのシカの保護管理事業では、丹沢大山国定公園特別保護地区でもある自然植生回復地域において、植生回復を目的としたシカの管理捕獲を実施している。しかし、水源林の施業地とシカの捕獲地が一致していないことから、施業地では下層植生が衰退するか、増えるのは主にシカの不嗜好性植物であった。水源林での施業効果を発揮させるためには、施業地においてシカを捕獲する必要がある。こうした背景から、2012 年度から県は水源林の施業地においてシカの捕獲事業を開始した。

本課題の目的は、水源林の施業地におけるシカ捕獲後の下層植生の増加を検証することと、水源林の施業地におけるシカの行動特性を把握して、それに応じた捕獲手法を検討することである。本報告では前者の植生増加の検証のために、2012 年度に設定した調査地を追跡調査した結果の概要を報告する。本調査はアジア航測(株)に委託して行った。

(6) 方法

2012 年度から水源林の施業地においてシカ捕獲を開始したことから、施業効果と捕獲効果を検証するために、11 箇所 34 地点で植生調査を実施した(表 1)。各箇所では 2～4 の繰り返し数となるように調査地を設定した。また、3 箇所では水源林整備事業で設置した植生保護柵内にも調査地を設定した。

調査は、各調査地に 2m×2m のコドラートを 10 個ずつ設置して、全コドラートを含む調査地の斜面方位、傾斜、緯度、経度、階層別樹種を記録した。次に 2m×2m コドラート内で全体の植被率、各出現種の被度・群度を記録した。2m×2m コドラートごとに、木本種のうち高木性樹種(小高木種含)を対象として樹高 10cm 以上 200cm 未満の樹木のうち樹高の高い上位 5 個体について樹種と樹高を測定した。高木性樹種がない場合は、低木種を対象として同様に調査した。測定個体にはナンバリングテープを巻き、樹高を 1cm 単位で測定した。ササ(スズタケ、ミヤマクマザサ、アズマネザサ)についても、2m×2m コドラートごとに生葉の付く位置の最も高い個体の稈長を計測した。

また各調査地にセンサーカメラを設置して、シカの撮影頻度を調査した。各箇所に 2 台のセンサーカメラを設置して秋期の 3 ヶ月間調査した。

(7) 結果の概要

全体として植生の顕著な変化は現われていないものの、施業が行われた「秦野峠林道 2」と「雨山山稜 3」の 2 箇所では林床植被率が前年よりも 10%以上増加した。一方で「丹沢湖南 1 および 2」と「高松山 2」の 3 地点で植被率が 10%以上低下した。センサーカメラの調査では、すべての地点でシカが優占種であった。

表 1 各調査地の概況

管理ユニット	調査地名	柵 内外	植被率 (%)	群落高 (cm)	総種数 (n/40m <sup>2</sup> )	ササ稈長 (cm)	更新木 樹高(cm)	シカ撮影数 枚数	シカ撮影数 比率(%)
世附川A*	高指山1	-	4.0	13	66	-	28	176	85
	高指山2	-	3.4	18	64	-	12	132	74
	高指山3	-	1.4	14	52	-	10	112	58
	高指山4	-	28.3	85	32	85.0	9	99	63
丹沢湖A	丹沢湖南1	-	38.0	37	48	-	13	32	82
	丹沢湖南2	-	59.0	45	48	-	6	87	94
	丹沢湖南3	-	11.0	26	42	-	14	34	72
丹沢湖C	丹沢湖北1	-	15.6	34	46	-	13	49	66
	丹沢湖北2	-	10.2	30	58	-	12	11	48
	丹沢湖北3	-	4.0	18	25	-	5	266	59
丹沢南麓B	秦野峠林道1	-	15.2	34	64	-	13	233	82
	秦野峠林道2	-	33.5	45	35	-	9	47	53
	秦野峠林道3	-	46.0	52	50	-	6	146	90
丹沢南麓B	雨山山稜1	内	61.7	228	57	-	169		
		外	89.0	69	63	-	9	303	71
丹沢南麓C	雨山山稜2	内	100.0	396	31	140.0	368		
		外	84.0	107	36	-	34	838	92
	雨山山稜3	内	63.5	72	70	-	64		
		外	33.0	34	69	-	14	47	84
松田	高松山1	-	39.5	33	74	-	18	15	41
	高松山2	-	50.5	51	44	-	6	30	71
	高松山3	-	59.5	66	41	-	5	24	80
大山秦野A	大倉尾根1	内	63.5	121	85	-	52	23	66
	大倉尾根2	外	75.0	58	85	-	23	11	52
	大倉尾根3	-	72.0	71	50	-	8	33	79
大山秦野B	蓑毛1	内	59.0	111	37	-	55	45	96
	蓑毛2	外	53.5	60	55	-	11	3	50
	蓑毛3	-	36.7	23	33	-	42	102	86
中津川D	大山北尾根1	内	79.0	67	66	-	17		
		外	18.3	29	62	-	8	20	41
	大山北尾根2	内	90.8	47	75	11.0	36		
		外	40.5	29	57	3.0	13	166	70
	大山北尾根3	内	82.5	74	54	-	28		
		外	29.5	25	60	-	8	150	60
清川A	日向屏風澤1	-	4.1	21	48	-	8	23	66
	日向屏風澤2	-	1.3	11	4	-	6	15	38
	日向屏風澤3	-	1.8	7	27	-	7	25	46
宮ヶ瀬湖B	ワシガ沢1	-	64.5	119	71	-	45	102	89
	ワシガ沢2	-	37.5	87	63	10.0	46	105	79
	ワシガ沢3	-	82.0	106	75	-	36	107	86

## (8) 今後の課題

施業の有無やシカ捕獲の有無を考慮した解析の実施

## (9) 成果の発表

例年6月に開催される「神奈川県ニホンジカ保護管理検討委員会」で概要を報告した。



2 水源林など公益性の高い森林再生技術開発  
(2-2) 野生動物と共存できる森林管理技術の開発

- (1) 課題名 B. シカ生息環境モニタリング  
(2) 研究期間 平成 22 年度～  
(3) 予算区分 丹沢大山保全・再生対策事業費（中高標高域ニホンジカ管理捕獲等事業費）  
(4) 担当者 田村 淳・谷脇 徹・西口孝雄

(5) 目的

丹沢山地ではシカの強い採食圧により自然植生の衰退や土壌流出といった森林生態系の劣化が問題化している。そこで 2003 年から神奈川県はシカ保護管理事業において植生回復のための管理捕獲を実施している。その事業の効果検証のモニタリングとして、植生保護柵内外の植生とシカによる植生への累積利用圧、モデル地区内現存量を 5 年間隔で追跡調査している。2016 年度（平成 28 年度）は 12 地点で柵内外の植生を追跡調査した。本調査はアジア航測㈱に委託して行った。

(6) 研究方法

丹沢山地の 56 の管理ユニットに各 1 箇所の調査地を設置することを目標として、これまでに 56 箇所の調査地を設定した。各調査地には植生の劣化状況によらず植生保護柵が設置されている。これは、柵内外における時点間の林床植生の変化を比較することで、シカの影響を把握する目的がある。調査地には柵内外に 2m×2m のコドラートが 10 個ずつ設置され、その内部において、林床植生全体の植被率と各出現種の被度・群度、高木性樹木稚樹の樹種名と樹高（上位 5 本）、ササの最大稈長を測定することとしている。各調査地は 5 年おきに調査している。2016 年は 12 地点で調査して、過年度のデータと比較して時点間の植生変化を解析した。また、センサーカメラを設置して、シカの撮影頻度を調査した。各箇所に 2 台のセンサーカメラを設置して、期間は秋期の 3 ケ月間とした。

(7) 結果の概要

全体の傾向として、植被率や群落高、ササ稈長、更新木樹高といった植生指標は柵内で上回っていた。センサーカメラの調査では、すべての箇所でシカが優占種であった。

前回（5 年前）の結果と比較すると、「丹沢湖北」と「焼山」、「白ヶ岳」、「三峰（津久井）」の 4 箇所の柵外では植被率が 10% 以上増加して、「犬越路」では約 30% 低下した。植被率が増加した 4 箇所はいずれも不嗜好性種または採食耐性種が増加していた。植被率が低下した主因はスズタケの一斉開花であった。更新木の樹高が前回よりも 10cm 以上高くなっ

たのは「焼山」と「竜ヶ馬場 2」の 2 箇所であった。

表 1 2016 年度の結果概要

管理ユニット	調査地名	柵 内外	植被率 (%)	群落高 (cm)	総種数 (n/40m <sup>2</sup> )	ササ稈長 (cm)	更新木 樹高(cm)	シカ撮影数 枚数	比率(%)
丹沢湖C	丹沢湖北	内	58.5	187	61	140.1	168.7		
		外	19.0	84	43	10.8	8.8	248	79
神ノ川A	焼山	内	64.5	90	67	-	50.6		
		外	47.0	37	69	-	24.2	484	59
神ノ川E	臼ヶ岳	内	42.0	69	61	-	52.8		
		外	72.0	46	86	-	11.6	151	79
神ノ川E	犬越路	内	1.8	25	21	7.0	9.3		
		外	1.6	12	34	-	8.4	53	48
丹沢中央C	雨山1	内	41.5	93	63	-	37.0		
		外	43.0	11	48	-	5.4	132	68
丹沢中央D	竜ヶ馬場2	内	100.0	155	19	143.0	53.7		
		外	100.0	85	48	86.0	29.5	28	90
早戸川B	荒沢	内	45.0	83	54	-	49.4		
		外	6.9	75	28	-	5.2	93	74
早戸川C	三峰(津久井)	内	77.0	110	70	59.2	98.7		
		外	30.5	21	61	16.9	11.2	34	60
中津川B	木ノ又1	内	90.5	146	72	-	101.1		
		外	71.0	41	74	-	13.3	373	92
中津川D	よもぎ平	内	99.0	128	31	-	51.2		
		外	79.5	80	35	-	5.3	232	96
大山・秦野C	阿夫利林道	内	22.1	110	44	165.0	14.5		
		外	1.5	24	18	-	5.8	31	63
宮ヶ瀬湖B	仏果山	内	81.0	212	64	-	130.5		
		外	13.4	52	62	-	12.1	42	65

※シカ撮影数は、平成 28 年 9 月～11 月までの3ヶ月間においてセンサーカメラ 2 台に撮影された  
個体数の総数。複数枚連続撮影されたものは 1 回あたりの最大個体数とした。

※撮影数の比率は、全哺乳類の撮影個体数に対するシカの比率。

## (8) 今後の課題

シカ捕獲後に植生が回復すると考えられるが、回復の過程はいくつもの段階を踏むことが想定される。その段階と植生指標を示したわかりやすいモデルを作成する。

## (9) 成果の発表

- ・ 田村 淳・藤森博英・末次加代子・永田幸志 (2013) 丹沢全域の相対的な植生指標としての植生劣化レベルと林床植被レベル. 神奈川県自然環境保全センター報告 11:37-43.
- ・ 田村 淳・末次加代子・藤森博英・永田幸志・池谷智志・小林俊元・栗林弘樹 (2013) 植生保護柵を活用したモニタリング地点の植生変化. 神奈川県自然環境保全センター

報告 11: 45-52.

## 3 関連業務

### 3-1 林木育種事業（特定林木育種事業・林木育種維持管理事業）

齋藤央嗣・毛利敏夫・久保典子

#### (1) 次代検定林調査

1) 定期調査：5年または10年ごとに成長調査（樹高・胸高直径）、材質調査（根曲がり・幹曲がり）、被害状況調査（病害虫、気象害等）を実施した。これらの現地調査は神奈川県森林組合連合会に委託実施した。

##### ① 寄 検定林（関・神・4号）

調査地：松田町寄

調査林分：スギ・ヒノキ 40年生、（クローン増殖） 0.5ha

植栽形式：ランダム植栽

##### ② 久野 検定林（実証林・1号）

調査地：小田原市久野

調査林分：スギ・ヒノキ 22年生、（クローン増殖） 1ha

植栽形式：列状植栽

#### (2) 種子生産

県立 21 世紀の森地内、スギ・ヒノキ採種園において、林業用種子生産事業委託を行なった。スギ種子は全量を花粉の少ないスギとして、当センター内の花粉の少ないスギ採種園と県立 21 世紀の森の採種園の 2 箇所にて採取している。ヒノキ種子は、平成 16 年度より花粉の少ない 6 系統のみ県立 21 世紀の森の採種園で採取している。

##### 1) 林業用種子生産事業委託

採取場所：21 世紀の森採種園（スギ、ヒノキ）

委託先：神奈川県山林種苗協同組合

実施内容：①カメムシ対策：ヒノキ・スギ採種園でカメムシ防除のための袋掛けを実施した。ヒノキは、H25 より花粉症対策品種のみの設置とした。スギは、平成 28 年に初めて実施した。

スギ：0.5ha（Aブロック 37本）

ヒノキ：1ha（1・3ブロック他 129本）

##### ②着花促進（ジベレリン処理）

スギ：0.5ha（Bブロック 250本2回）、

ヒノキ：0.5ha（2・4ブロック他花粉対策木 333本）

##### ③種子生産（球果採取、種子乾燥、種子精選）

スギ：0.5ha（Aブロック）

ヒノキ：0.5ha（1・3ブロック他）

##### 2) 花粉の少ないスギ採種園（七沢）での種子生産（0.2ha）

花粉の少ないスギ採種園において、ジベレリン処理による着花促進を行うとともに、10月に球果採取、種子乾燥、精選を行った。

##### 3) 種子生産量及び発芽率

①21 世紀の森採種園において、花粉の少ないスギ種子は 0.4kg（全量少花粉）、ヒノキ種子は、花粉の少ないヒノキ種子 8.3kg を採取した。その発芽率は、花粉の少ないスギ種子 31.3%、花粉の少ないヒノキ種子は 10.1%であった。ヒノキは不作であり発芽率も低下した。

②七沢の花粉の少ないスギ採種園では花粉の少ないスギ種子 1.3kg（うち少花粉 0.7kg）を採取した。その発芽率は 24.0%（少花粉 28.7%）であった。

③七沢の無花粉スギ閉鎖系採種園及び人工交配により無花粉スギ種子 1.0kg を採取した。その発芽率は 25.3%であった。昨年に引き続きカメムシ対策として袋かけを実施したところ発芽率が比較的

高い種子が生産された。

#### 4) 種子配布および種子貯蔵

生産した種子は造林種苗生産用種子として環境農政局森林再生課に報告した。配布残の種子については冷蔵（-5℃）および冷凍（-30℃）貯蔵により保管している。

### (3) 苗木養成

#### 1) 播種（水源林広葉樹種苗育成事業分を含む）

区分	樹種及び数量（2017年春）
播種	スギ 113g（無花粉スギ、花粉対策等）、ヒノキ 60g（花粉対策） クロマツ（抵抗性）50g、モミ（宮ヶ瀬）50g ブナ良 25g、浮等 680g
床替え	スギ 1,320本（無花粉検定試験苗等含む） ヒノキ 1,140本（交配検定試験等含む） クロマツ 445本、アカマツ 68本 モミ（宮ヶ瀬、大山）350本 ブナ 105本 キハダ 20本 ウワミズザクラ 50本 ホルトノキ（山の神樹叢）116本 スズタケ 500本（発芽試験実生苗）
山出し	ブナ 75本（環境科学セ、1年生）
・出荷	ヒノキ 37本（放射線試験、採種園補植） クロマツ 15本（抵抗性クロマツ採種園補植） アカマツ 11本（採種園補植） スズタケ 15本（丹沢産実生苗、丹沢の緑をはぐくむ集い） ヤマザクラ 4本、ミヤマザクラ 2本（丹沢の緑をはぐくむ集い、クマ糞）

#### 2) さし木およびつぎ木（2017年春）

区分	さし木	つぎ木
針葉樹	スギ（花粉対策、精英樹等） 425本 ヒノキ（花粉対策、精英樹等） 440本	クロマツ（抵抗性） 10本 アカマツ（精英樹） 20本
広葉樹	なし	なし

#### 3) 林木の遺伝資源保存

天然記念物等遺伝資源保存として引き続き山神の樹叢（ホルトノキ、国天）の現地の実生個体のさし木及び育苗、有馬ハルニレ（県天）、康岳寺タイサンボク（市天）の維持管理を行った。

### (4) 林木育種維持管理事業

七沢苗畑、スギの採種園および採穂園、ヒノキ採穂園、および精英樹クローン集植所について1.57ha内の除草、下刈、薬剤散布等の維持管理作業を行った。平成28年度は、内山スギ採種園0.5haの断幹作業を実施した。

### 3-2 水源林広葉樹苗木育成事業（広葉樹母樹の選抜、増殖）

#### (1) 広葉樹採種園の整備、種子の生産

県立 21 世紀の森採種園内に造成中の広葉樹母樹による採種園整備を引き続き実施した。昨年度は造成したキハダ採種園から 6.5kg の種子を生産したが、28 年度は結実が認められなかった。

ケヤキ 0.4ha 240 本  
シオジ 0.1ha 48 本  
キハダ 0.05ha 28 本

#### (2) 広葉樹種子の生産指導

丹沢山堂平地区において広葉樹種子の生産を行った。ブナは結実したものの、健全種子はほとんど得ることができなかった。自然環境保全センターで精選した主な採取量は以下の通りであった。また箱根地区の種子採取の現地指導を実施した。

（採取量はシイナ等を含む合計重量、単位 k g）

- ・堂平 ブナ 0.9kg
- ・宮ヶ瀬 モミ 1.0kg
- ・七沢 モミ 14.5kg（所内採種園）

### 3-3 林業技術現地適応化事業（無花粉スギの現地適用化試験）

平成 16 年に発見した無花粉スギ田原 1 号による閉鎖系採種園を造成し平成 20 年に無花粉スギ生産を開始したが、その生産技術の現地適用化のため、現地適用化試験の指導を実施した。

#### (1) 無花粉スギの生産指導

無花粉スギの生産指導のため、無花粉スギさし木生産指導（4 月）、苗畑での発芽状況調査（5 月）、ジベレリン散布（7 月）、無花粉スギ検定試験（1～2 月）を実施した。

#### (2) 無花粉スギ発現率調査

**表 平成29年春 山だし苗の苗木生産者  
における無花粉検定結果**

苗の種類	A生産者	A生産者	B生産者	C生産者	合計
	期待値50%	3年生	期待値25%	期待値50%	
調査本数	6,117	381	4,142	3,163	13,803
花粉あり	3,606	159	2,694	1,644	8,103
無花粉	1,421	118	1,206	642	3,387
出現率	28.3	42.6	30.9	28.1	29.5
期待値	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
無着花等	240	99	242	524	1,105

林業普及員研修および別途調査による無花粉の発現率調査は、左表の通りであった。今回の種子は、無花粉スギの発現率は 29.5%となり昨年の 47.2%と比較し大幅に低下し、期待値である 50%を大きく下回った。この生産に用いた種子は H25 の人工交配による種子であったが、これまで人工交配ではこのような発現率の低下はなく、花粉や種子の混入等人為的なミスの可能性はある。今後は、検定の簡素化と、発現率向上が課題である。

### 3-4 抵抗性クロマツのマツノザイセイインチュウ接種検定

2004 年に造成した県立 21 世紀の森内の抵抗性クロマツ採種園で生産した種子により、2014 年春より抵抗性クロマツの苗木生産を実施しており、2015 年よりマツノザイセイインチュウの接種による苗木の接種検定を実施している。これは、抵抗性マツ採種園の種子は、自然交配によるものであり、検定により、より高い抵抗性の苗木を生産するためである。接種は普及指導事業の研修として実施した。

2016年は、森林総合研究所林木育種センターより提供をうけたマツザイセンチュウの“島原”系統を増殖し、3軒の苗木生産者で生産した苗木4,159本に7月末に苗木1本あたり6000頭の接種を行った。この結果、生存したのは1,362本で合格率は32.7%となり昨年を大きく下回った(下表)。特にコンテナ苗は3.6%と低率になった。原因として、マツノザイセンチュウは、増殖により器官が詰まる障害によりマツを枯らすことが知られているが、前年より接種後の気候が高温となり水ストレスがおきやすい環境になったこと、特にコンテナ苗は、生分解性不織布によるもので、乾燥しやすくより強い水ストレスを受けたことが枯死が多くなった原因と考えられた。ただし生分解性不織布の苗木は接種が容易であり、今後扱いを検討する必要がある。

表 2016年抵抗性マツ接種検定結果

生産者	種類	実施本数	合格本数	合格率
A	苗畑	2,820	884	31.3%
A	コンテナ	280	10	3.6%
B	苗畑	360	114	31.7%
C	苗畑	699	354	50.6%
計		4,159	1,362	32.7%

### 3-5 試験林整備事業

齋藤央嗣・高橋成二

#### (1) 広葉樹遺伝資源保存林の管理

遺伝資源保全保存林(ケヤキ林0.16ha、湿性広葉樹林0.17ha)で下刈りを1回実施した。また隣接地の作業道開設に伴う現地確認を実施した。

### 3-6 森林病虫害発生動向調査

谷脇 徹・相原敬次・西口孝雄

近隣県におけるナラ枯れの拡大を背景に、病原菌であるナラ菌を媒介するカシノナガキクイムシの誘引トラップによる生息状況調査を、厚木市七沢、南足柄内山、大磯町高麗、小田原市根府川、湯河原町鍛冶屋、箱根町元箱根の6地点で実施した。トラップ数は各地点2個ずつとし、2016年6月2日～9月29日に設置し、1～2週間に1回程度の頻度で捕獲昆虫を回収した。その結果、大磯町高麗で6月22日にカシナガのメス成虫1個体が捕獲されたことから、7月15日にトラップ6個を追加設置したところ、8月3日と8月24日に新設トラップでオス成虫1個体ずつが捕獲された。大磯町高麗での被害木調査を7月15日と9月29日に県有林整備課と共同で実施したところ、ナラ枯れが疑われる枯死木やフラス排出木はみられなかった。

その他の地点でカシナガは捕獲されず、周辺に被害木はみられなかった。

## 4 諸活動

### 4-1 依頼調査と指導

職	氏名	テーマ	依頼者名	年月
主任研究員	齋藤央嗣	抵抗性クロマツ種子の提供	福島県森林整備課	2016年4月
主任研究員	齋藤央嗣	林業技術現地適用化事業 技術指導	森林再生課	2016年4月
主任研究員	齋藤央嗣	将来にわたる森林管理の あり方検討プロジェクト	森林再生課	2016年5月
主任研究員	齋藤央嗣	山林種苗協同組合理事 会・総会	神奈川県山林種苗協 同組合	2016年5月 2016年9月
主任研究員	齋藤央嗣	大山モミ苗譲渡	千葉大学大学院園芸 学研究科	2016年6月
主任研究員	齋藤央嗣	アサダ調査協力	東京大学大学院生命 科学研究科	2016年10月
主任研究員	齋藤央嗣	苗木生産実態調査（得苗 調査）指導	森林再生課（4日）	2016年10月
主任研究員	齋藤央嗣	全国山林苗木品評会審査 員	森林再生課	2016年11月
主任研究員	齋藤央嗣	科学技術フェア	総合政策課	2015年11月
主任研究員	齋藤央嗣	かなちゃん TV 取材協力 （2回）	知事室	2017年1月 2017年3月
主任研究員	齋藤央嗣	国立科学博物館企画展 「花粉と花粉症の科学」 展への出展協力	花粉問題対策事業者 協議会・国立科学博物 館	2017年1月
主任研究員	齋藤央嗣	自然環境保全センター企 画展『「無花粉スギ」って なんだろう』展示協力	自然再生企画課	2017年3月
主任研究員	田村 淳	サクラの品種同定	厚木市民	2016年4月
主任研究員	田村 淳	シカが生態系に及ぼす影 響	栄光学園中学高等学 校 堀教諭	2016年4月
主任研究員	田村 淳	玄倉林道法面植生調査	県西地域県政総合セ ンター森林土木課	2016年7月
主任研究員	田村 淳	針広混交林化について	林野庁、日本森林技術 協会	2016年8月



主任研究員	田村 淳	神ノ川林道法面植生概略調査	環境農政局緑政部長	2016年9月
主任研究員	田村 淳	絶滅危惧植物自生地調査	公益社団法人日本植物園協会	2016年9月
主任研究員	田村 淳	鳥獣被害対策コーディネーター育成研修	(株)野生動物保護管理事務所	2016年10月
主任研究員	田村 淳	水源協定林の広葉樹林整備	県西地域県政総合センター水源の森林推進課	2016年11月
主任研究員	田村 淳	与瀬県行二段林実態調査	自然環境保全センター一県有林経営課	2017年1月
主任研究員	田村 淳	小田原市 長期施業受委託契約地におけるシカ被害状況	水源環境保全課	2017年2月
主任研究員	田村 淳	箱根外輪山の県確保水源林におけるシカの植生影響	県西地域県政総合センター水源の森林推進課	2017年2月
臨時技師	谷脇 徹	不動ノ峰等におけるブナハバチ食害調査	丹沢ブナ党（共同調査）	2016年9月

#### 4-2 講師派遣

職	氏名	テーマ	依頼者名	年月
主任研究員	内山佳美	水道事業と水源環境保全	広域水道企業団	2017年2月
主任研究員	齋藤央嗣	林業普及員研修 無花粉スギさし木	森林再生課	2016年4月
主任研究員	齋藤央嗣	林業普及員研修 抵抗性クロマツ苗木接種検 定	森林再生課	2016年8月
主任研究員	齋藤央嗣	林業普及員研修 針葉樹及び広葉樹種子生産	森林再生課	2016年10月
主任研究員	齋藤央嗣	森林インストラクター養成 講座「健全な苗木作り2」	神奈川トラストみ どり財団	2016年10月
主任研究員	齋藤央嗣	緑の雇用現場技能者育成対 策事業 造林（安全な造林作業）種 苗・育種、植栽実習	神奈川県森林組合 連合会	2016年11月
主任研究員	齋藤央嗣	林業分野における花粉症対 策 神奈川県の一例	全国森林インスト ラクター神奈川会	2016年12月
主任研究員	齋藤央嗣	生産事業者講習（林業種苗 法法定講習）種苗の生産技 術に関する事項 種苗の産地及び系統に関する 事項	森林再生課	2016年12月
主任研究員	齋藤央嗣	神奈川県における 2016 年 秋のスギ雄花着花状況	NPO 花粉情報協会	2016年12月
主任研究員	齋藤央嗣	国立科学博物館企画展「花 粉と花粉症の科学」関連講 習会「無花粉ヒノキについ て」	花粉問題対策事業 者協議会・国立科学 博物館	2017年1月
主任研究員	齋藤央嗣	林業普及員研修 無花粉スギの生産技術	森林再生課（2日）	2017年1月
主任研究員	田村 淳	森林のモニタリングについ て	水源環境保全課	2016年4月
主任研究員	田村 淳	森林整備基本研修「生物の 多様性について」	森林再生課	2016年5月
主任研究員	田村 淳	流域森林管理士コース「森 林施業の体系」	神奈川県森林組合 連合会	2016年7月

主任研究員	田村 淳	森林インストラクター養成講座「森林の生態」	かながわトラスト みどり財団	2016年9月
主任研究員	田村 淳	シカ管理における適切な目標設定と実行における課題—シカ密度が低下すると植生はどのように反応するか—	山梨県森林総合研究所(日本哺乳類学会)	2016年9月
主任研究員	田村 淳	丹沢山地におけるニホンジカ—植生と埋土種子調査の知見から不可逆的影響を知る—	酪農学園大学	2016年10月
主任研究員	田村 淳	シカ影響下での植生保護柵による森林の保全	林野庁 林道研究会	2016年10月
主任研究員	田村 淳	丹沢の希少植物とその保全	自然環境保全センター自然保護課	2016年11月
主任研究員	田村 淳	「自然環境をあつかう実務とキャリア・プランニング」—神奈川県森林管理と自然環境保全センターの仕事—	横浜国立大学理工学部	2016年11月
主任研究員	田村 淳	丹沢フォーラム「残された自然の森・一ノ沢学術考証林を訪ねる」	NPO 法人 丹沢自然保護協会	2016年12月
臨時技師	谷脇 徹	神奈川森林塾「森林の病害虫」	森林再生課	2016年7月

#### 4-3 委員会・研究会

職	氏名	名称	依頼者・主催者等	回数
主任研究員	内山佳美	水源環境保全・再生かながわ 県民会議 施策調査専門委員 会	環境農政局水・緑部 水源 環境保全課	3
主任研究員	齋藤 央嗣	花粉関係調査委員会	(一社) 全国林業改良普及 協会	2
主任研究員	齋藤 央嗣	研究ブロック会議育種分科会	林野庁 (森林総合研究所林 木育種センター)	1
主任研究員	齋藤 央嗣	優良種苗研究会	関中林試連 (森林総合研究 所林木育種センター)	1
主任研究員	齋藤 央嗣	第 29 回関東甲信越花粉症研 究会	(一財) 日本気象協会	1
主任研究員	齋藤 央嗣	関東森林学会幹事会	関東森林学会	2
主任研究員	齋藤 央嗣	日本花粉学会評議員会,編集 委員会	日本花粉学会	1
主任研究員	齋藤 央嗣	森林遺伝育種学会理事会,監 査会	森林遺伝育種学会	2
主任研究員	田村 淳	シカ保護管理検討委員会	自然環境保全センター野生 生物課	1
主任研究員	田村 淳	科学研究費補助金プロジェクト 「ニホンジカの低密度過程 における生態系レジリエンス 機能の評価手法の検討」	東京農工大学野生動物保護 管理学研究室 梶光一教授	1
主任研究員	田村 淳	鳥獣被害対策コーディネータ ー等育成研修事業検討委員会	林野庁・(株)野生動物保護管 理事務所	3
主任研究員	田村 淳	環境林管理部会	水源環境保全課	3
主任研究員	田村 淳	水源環境保全再生施策モニタ リング部会	水源環境保全課	1
主任研究員	田村 淳	水源林整備部会	水源環境保全課	2
主任研究員	田村 淳	水源林事業モニター部会	水源環境保全課	1
臨時技師	谷脇 徹	関中林試 生物による森林被 害リスク評価研究会	千葉県	1

4-4 発表・報告

氏名	題名	誌名	年月
仁平啓介・平岡真合乃・五味高志・内山佳美	低高度写真撮影による山地溪流の流路地形計測	砂防学会誌第 69 巻第 3 号	2016 年 9 月
孫金勝・石川芳治・白木克繁・若原妙子・内山佳美	丹沢堂平地区における土壌保全工の効果	平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 B-18	2016 年 5 月
若原妙子・石川芳治・白木克繁・内山佳美	植生被覆の異なる森林斜面における放射性 Cs の深度別濃度の変化	平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 B-22	2016 年 5 月
平岡真合乃・五味高志・堀田紀文・内山佳美	神奈川県大洞沢試験流域における斜面の土砂移動の季節変動	平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 A-104	2016 年 5 月
Rose Tirtalistyani,Marino Hiraoka,Takashi Gomi,Yoshimi Uchiyama	Developing method for assessing particle size based sediment budget in a headwater catchment	平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 A-64	2016 年 5 月
ボヤンアリビジフ・石川芳治・若原妙子・白木克繁・内山佳美	森林内における風速が樹幹流量に与える影響	平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 A-180	2016 年 5 月
吉田喜高・西本晴男・阿部拓実、鈴木雅一・内山佳美・内山豊	丹沢流域における歴史的砂防工事と現況	平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 B-442	2016 年 5 月
松本恵里・白木克繁・植出大輝・内山佳美	溪流水温と雨温を用いた流出成分分離と流域間比較	第 128 回日本森林学会大会学術講演集 I16	2017 年 3 月
磯辺山河・逢沢峰昭・久本洋子・軽込勉・齋藤央嗣・中山ちさ・遠藤良太・後藤晋・大久保達弘	地域絶滅の危惧される関東地方のヒメコマツの遺伝的多様性と交配様式	日本森林学会誌 98:65-73	2016 年 6 月
齋藤央嗣・牧三晴・中川重年	治山工事で造成した溪畔林－植栽後 20 年後の再生状況－	造林時報 平成 28 年 6 月号:5-7	2016 年 9 月
齋藤央嗣・袴田哲司	ヒノキ雄花気孔と倍数体	日本花粉学会 58 回大会 (口頭発表)	2016 年 10 月

齋藤央嗣・毛利敏夫・久保典子	両性不稔ヒノキ「秦野1号（仮称）」のさし木特性	森林遺伝育種学会第5回大会（ポスター発表）	2016年 11月
田村 淳	丹沢山地の自然環境保全の側面から見た森林の諸問題と適正管理に向けての課題—シカの増加等から見えてくる都市近郊林の諸問題	環境情報科学 45(2):52-56	2016年 7月
田村 淳	シカの生息する人工林における間伐と防鹿柵設置後の広葉樹実生の更新—12年間の調査から	現代林業 2016.9:32-35	2016年 9月
田村 淳	シカ密度が低下すると植生はどのように反応するか？	日本哺乳類学会講演要旨集	2016年 9月
田村 淳	ラン2種の健在—フジチドリとノビネチドリ—	フロラカナガワ 82:979-980	2016年 10月
田村 淳	丹沢山地におけるニホンジカ—植生と埋土種子調査の知見から不可逆的影響を知る—	釧路湿原の今と、未来に向けた戦略展開（講演）	2016年 10月
田村 淳	シカ影響下での植生保護柵による森林の保全	林道研究発表会（講演）	2016年 10月
田村 淳	森林管理前後での林床植生変化—10年の追跡調査から—	ヌタノ沢研修会（口頭発表）	2016年 10月
田村 淳・谷脇 徹・井田忠夫・中西のりこ・吉田直哉	植生保護柵を用いた丹沢のブナ等冷温帯森林の再生—天然更新と植栽の試験から—	神奈川県自然環境保全センター報告 14: 67-73	2016年 12月
田村 淳	研究最前線「植生保護柵による植物の保護について」	緑の斜面 63号	
田村 淳・上山真平・松崎加奈恵・鈴木哲平・藤森博英	シカの採食圧を受けてきた溪畔域の針葉樹人工林での広葉樹の更新に対する受光伐と植生保護柵の効果	日林誌 98: 279-285	2016年 12月
Atsushi Tamura（田村 淳）, Masanobu Yamane（山根正伸）	Response of understory vegetation over 10 years after thinning in an old-growth cedar and cypress plantation overgrazed by sika deer in eastern Japan	Forest Ecosystems 4(1):1-10	2017年 1月

田村 淳	ニホンジカが高密度に生息する 高齢級人工林における間伐後の 広葉樹稚樹の更新	H27 神奈川県農林水産試 験研究成果資料集	2017 年 1 月
田村 淳	シカ影響下での植生保護柵によ る森林の保全	林道 53:152-153	2017 年 2 月
田村 淳	シカ影響下のブナ林に 16 年間 設置した植生保護柵が林床植生 と樹木稚樹に及ぼす効果	第 128 回日本森林学会 (口頭発表)	2017 年 3 月
谷脇徹	森林昆虫研究最近の動向—第 127 回日本森林学会大会より—	森林防疫 65 : 130-134	2016 年 7 月
谷脇徹・西大海・佐藤大 樹	西丹沢檜洞丸におけるブナハバ チ繭期の死亡と昆虫病原糸状菌 および土壌環境との関係 (シン ポジウム 5 ~ 昆虫病原性糸状 菌の最新の分類と応用)	第 12 回昆虫病理研究会 シンポジウム	2016 年 9 月
谷脇徹・相原敬次・齋 藤央嗣・山根正伸	丹沢山地ブナ林の衰退要因とそ の複合作用	神奈川県自然環境保全セ ンター報告 14 : 1-12	2016 年 11 月
斎藤正彦・齋藤央嗣・相 原敬次・谷脇徹	丹沢山地の風況解析	神奈川県自然環境保全セ ンター報告 14 : 33-36	2016 年 11 月
相原敬次・谷脇徹・齋 藤央嗣・越地正	ブナの水欠乏差測定による丹沢 山地の水分ストレス評価	神奈川県自然環境保全セ ンター報告 14 : 49-51	2016 年 11 月
相原敬次・谷脇徹・齋 藤央嗣・越地正・谷晋・ 伴野英雄・山上明	気象要因からみた丹沢山地のブ ナハバチ幼虫による食葉害の発 生予測	神奈川県自然環境保全セ ンター報告 14 : 53-57	2016 年 11 月
谷脇徹・相原敬次・齋 藤央嗣・山根正伸・伴 野英雄・山上明・谷晋	丹沢山地におけるブナハバチ対 策	神奈川県自然環境保全セ ンター報告 14 : 59-65	2016 年 11 月

鈴木透・谷脇徹・山根正伸	衰退リスクから見たブナ林の再生優先地マップの作成	神奈川県自然環境保全センター報告 14: 75-80	2016 年 11 月
谷脇徹・永田幸志・西口孝雄・田村 淳・鈴木透・山根正伸	丹沢山地の再生優先地マップに基づいた統合的なブナ林再生事業	神奈川県自然環境保全センター報告 14: 81-89	2016 年 11 月
谷脇徹・中島岳彦	神奈川県におけるスギ・ヒノキ穿孔性害虫被害材の利用	森林技術 896 : 18-19	2016 年 11 月
谷脇徹・猪野正明・鶴田英人・相原敬次・岡田充弘	ブナハバチ防除のためにブナ成木に樹幹注入したジノテフランの葉内濃度の季節変化	森林防疫 66 : 42-47	2017 年 3 月
谷脇徹・鶴田英人・猪野正明・西口孝雄・齋藤央嗣・相原敬次・柳澤賢一・岡田充弘	ブナ林での薬剤樹幹注入によるブナハバチ防除実証試験	第 128 回日本森林学会 (ポスター発表)	2017 年 3 月



## 5 予算内訳

### 主な研究・事業費の予算内訳

1 経常研究費	2,083	千円
〈一般試験研究費〉	1,083	千円
〈特定受託研究費〉	1,000	千円
2 維持運営費	732	千円
〈自然環境保全センター維持運営費〉		
圃場等管理事業費	148	千円
林木育種維持管理事業費	327	千円
試験林管理事業費	257	千円
3 研究関連事業費	180,987	千円
〈特別会計森林環境調査費〉	131,600	千円
〈特別会計丹沢大山保全・再生事業費〉	33,950	千円
〈特別会計水源林整備事業費〉	8,208	千円
〈神奈川重点実用化研究事業費〉	3,967	千円
〈水源林整備推進事業費〉	1,110	千円
〈農林水産技術開発推進費〉	248	千円
〈林業普及指導費〉	662	千円
〈治山事業費〉	1,242	千円
合計	183,802	千円

## 6 共同研究・連携機関

### 主な共同研究・連携機関一覧

神奈川県環境科学センター  
神奈川県産業技術センター工芸技術所  
神奈川県農業技術センター  
生命の星・地球博物館  
森林総合研究所  
森林総合研究所林木育種センター  
長野県林業総合センター  
丹沢ブナ党  
東海大学  
桜美林大学  
東京大学  
東京農工大学  
新潟大学  
京都府立大学  
酪農学園大学  
神奈川工科大学  
NPO 法人神奈川ウォーター・ネットワーク  
(株)野生動物保護管理事務所  
(株)地圏環境テクノロジー  
サンケイ化学株式会社  
公益社団法人神奈川県猟友会