

平成 21 年 6 月 12 日現在

研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18380097  
 研究課題名（和文）生物間相互作用に基づくニホンジカ密度の推定法と広域的な森林生態系管理手法の開発  
 研究課題名（英文）Estimation of deer density based on biotic interaction and forest ecosystem management at a broad scale  
 研究代表者  
 日野 輝明（HINO TERUAKI）  
 独立行政法人森林総合研究所・関西支所・チーム長  
 研究者番号：80212166

研究成果の概要：シカの採食にともなう下層植生の消失量に基づくシカ密度の推定、植生タイプごとの樹木実生の生存率をシカの密度と下層植生の現存量とから説明するモデルの作成、下層植生と陸生および水生の動物群集との関係の解明を行った。これらの結果をもとに、シカの個体数の増加によって森林衰退が著しい森林を再生するための生態系管理手法として、シカの目標密度(=環境収容力)に応じた広域的な下層植生の管理を提案した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	6,900,000	2,070,000	8,970,000
2007年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2008年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
年度			
年度			
総計	15,100,000	4,530,000	19,630,000

研究分野：生態学

科研費の分科・細目：林学、林学・森林工学

キーワード：大台ヶ原、森林再生、環境収容力、下層植生、物質循環、生物多様性

## 1. 研究開始当初の背景

ニホンジカの個体数増加や生息分布の拡大と、それにとともなう採食による林床植物の喪失、更新阻害、樹木剥皮によって、国内の多くの森林は崩壊の一途をたどっている。このような森林への影響は、生物間相互作用ネットワークをとおして森林に生息する他の生物にまで影響が及んでいる。したがって、このような森林を再生していくためには、ニホンジカの個体数を管理するだけではなく森林生態系全体を管理していく必要がある。さらに天然林の多くは単一の植生群落からなるのではなく、樹種構成や下層植生などが

異なるいくつかの植生群落から構成される。このような森林では、ニホンジカが及ぼす動植物や立地環境へ影響の大きさが群落間で違っていることが予想されるため、その再生には群落ごとに特性を活かした個別の生態系管理に加えて、全群落の配置と組み合わせを考慮した広域的かつ総合的な森林生態系管理が必要となる。

奈良県南部の大台ヶ原は吉野熊野国立公園特別保護区に指定されている名勝地であるが、ここでもまた、ニホンジカの増加にともなう森林の衰退が著しいことから、環境省によって自然再生事業が行われている。天然

更新によって後継樹の生育が可能となる状態を目標に、ニホンジカの個体数調整が実施されているが、環境収容力（すなわち、餌となる下層植生の年間生産量）を考慮することなしに効果的な森林再生は期待できない。なぜならば、シカの密度を目標レベルにまで減らすことができたとしても、環境収容力がそれを上回っていればシカの個体数は再び増加し、逆に環境収容力がそれを下回っていれば、植生の衰退を止めることはできないと予想されるからである。

## 2. 研究の目的

ニホンジカによって深刻な被害を受け、かつ複数の植生群落から構成される奈良県大台ヶ原の森林生態系において、生物間相互作用に基づいた広域的な森林生態系管理を最終目標として、次の5つを具体的な目的として設定する。

- (1) 下層植物の採食量に基づくニホンジカの個体数密度の推定
- (2) ニホンジカの個体数密度と植生群落特性との関係の解明
- (3) ニホンジカによる植生変化が動物群集に及ぼす影響の解明
- (4) ニホンジカによる植生変化が土壌の物質循環に及ぼす影響の解明
- (5) ニホンジカの環境収容力に基づく広域的な下層植生管理手法の開発

## 2. 研究の方法

### (1) 下層植生の調査

大台ヶ原全域から上層木（トウヒ・ウラジロモミ・ブナなど）と下層植生（ミヤコザサ・スズタケ・ミヤマシキミなど）の異なる9つの植生タイプについて、定点調査区を設定した。2006年に、林分タイプ（針広混交林・トウヒ林）と林床植生（ミヤコザサ・スズタケ・スズタケ枯損跡・ツルシキミ）の異なる9カ所に方形区（20m×20m）を設置した。1方形区につき4カ所の実生調査プロットを設定し、それぞれについて2個の実生調査方形区（1m×1m）を設置し、うち1個にはシカ採食排除のための高さ1mの網を張った。2007年4月に、実生調査方形区内の半分で林床植生の刈り取りをおこない、1年後の2008年4月に残りの半分で刈り取りをおこなった。刈り取った下層植生は、葉と茎に分けて乾燥重量（70℃、36時間）を計測し、この値を、「下層植生の年間消失量」とした。実生調査方形区内では、樹木実生にマーキングし、その生死を2006年から2008年の5月から10月まで毎月追跡した。

### (2) シカの個体数調査

シカの個体数密度指標として、9カ所の定点調査区でのシカの糞塊数、自動撮影カメラによる撮影頻度の調査、および7つの定点調

査区を範囲に含む15.3kmのルート沿いのシカの個体数センサスを、2006年から2008年の5月から10月まで毎月行った。シカの糞塊（10個以上の糞粒）については、各調査区に設置した4個の1×20mの方形区内の数を数えた。自動撮影デジタルカメラについては、各調査区に1台設置して、毎月電池とピックアップカードの交換を行い、パソコン上で画像データを解析した。ルートセンサスについては、毎月3回日没前2～3時間にセンサスルートを歩き、シカの発見地点、頭数、性別、年齢などを記録した。

### (3) 動物群集の調査

①鳥：植生の異なるルート沿いに150m間隔に12ヶ所の調査区を設置して5月から6月にかけての早朝に各プロットで5回のポイントカウント・センサス（10分間）をおこなった。鳥の調査の終わった7月に、センサスプロットを中心に2m×50mの方形区を設け、植生調査を行った。また区画内の4ヶ所（50cm×50cm）でササの刈り取りをおこない、乾燥重量を測定した。また8ヶ所（2m×2m）でシカの糞塊を数えた。

②地表徘徊節足動物：環境省によって2006年に設置された防鹿柵の内外に合計360個のピットフォールトラップを設置して、2008年の6月から9月まで3回捕獲を行った。捕獲されたオサムシ科昆虫は、同定・計数後にその場で放し、地表性クモ類については捕獲数のみを記録した。

③水生節足動物：スズタケが周囲の林床をおおう川とシカの採食によってスズタケの消失した川に調査区を設けて、2006年の秋と2007年の春に、50cm×50cmの範囲の水生節足動物を採集した。サンプルは実験室で属レベルまで同定を行った。また、環境要因として、開空度、電気伝導度、pH、溶存酸素量、水温、流速、石の大きさなどを調べた。

### (4) 土壌の調査

1996年に森林総合研究所関西支所によって設置されたシカ排除柵の内外各6カ所の調査区を設けた。2006年8月から2007年8月までの1年間の窒素無機化量と窒素溶脱量をレジソコア法によって測定した。土壌コアサンプルは、表層から0-10cm、10-20cm、20-30cmの3層から2個ずつ採取した。また、採取地周辺のササの乾燥重量、0層の窒素量、土壌特性も測定した。

## 3. 研究成果

### (1) 下層植物の採食量に基づくニホンジカの個体数密度の推定

ラインセンサスによる観測値から定点調査区周辺のシカの個体数密度を推定するために、ある半径Rの円内で観察された個体数を調査日に対してプロットして平準化曲線を求めた。この曲線の関数を9ヶ月275日間

で積分して1日あたり単位面積あたりに変換した値を、半径R円内のシカ利用密度とした。各地点でさまざまな半径で求めたシカ利用密度と年間の糞塊加入数との関係を解析した結果、半径100mの値で最も強い相関が得られた(図1下)。

シカ排除柵内外で1年間に生じた下層植生の現存量の差、すなわち年間消失量は、シカが1年間に食べる量とおおまかに一致すると考えられる。そこで、シカの主要採食部位である下層植生の葉の年間消失量とシカの密度指標との関係を調べた結果、年間糞塊加入数および半径100m円内利用密度と有意な相関が得られた(図1上)。自動撮影カメラで得られた撮影頻度は、どの変数とも相関がなかった。これらの結果から、シカの採食にともなう下層植生の消失量が簡便で有効なシカ密度指標となることが分かった。

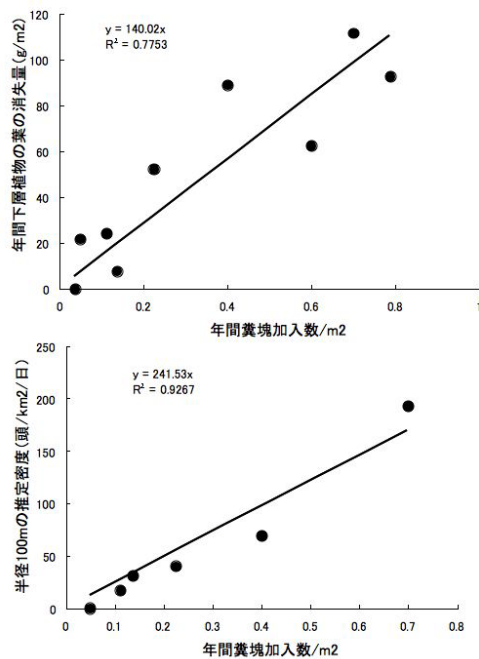


図1 シカの糞塊数の年間加入数と下層植生の葉の年間消失量(上)および半径100m円内のシカ利用密度(下)との関係

## (2) ニホンジカの個体数密度と植生群落特性との関係の解明

実生の生死を目的変数とし、シカ排除の有無、林床植生除去の有無、樹齢、これらの交互作用を固定効果の説明変数、樹種、調査年、方形区/プロット/個体をランダム効果の説明変数とする階層ベイズモデルを作成し、マルコフ連鎖モンテカルロ(MCMC)法によりパラメータの推定をおこなった(図2)。その結果、シカや林床植生の存在は実生の生存に負の効果を与えており、シカの負の効果は実

生の成長とともに大きくなること、樹齢があがると生存率が上昇し、林床植生があるとその効果は大きいことがわかった。

植生タイプ別に見ると、ミヤコザサはシカの採食にともなう現存量の低下によって、実生の生存率が高まること(図2上)、スズタケの現存量が高い場所(No.4)は急斜面にあるためにシカ密度が低く実生の生存率の低下が小さいこと、ミヤマシキミの密生は実生の生存率を低下させること(図2下)などが分かった。

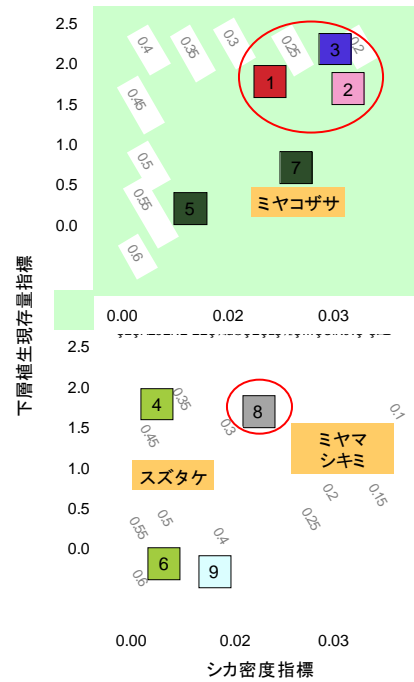


図2 実生生存率(図中の値)におよぼすシカ密度指標と下層植生現存量指標との関係。赤線で囲んだプロットは、シカ密度を減らしたときに刈り取り最優先となる植生タイプ。

## (3) ニホンジカによる植生変化が動物群集に及ぼす影響の解明

### ①鳥類群集

各プロットで9-18種類、全体で29種類が観察された(猛禽類を除く)。シカの糞塊数が多いところでは、下層植生であるササの現存量が小さくなり、それにとまって、下層植生に採食や巣場所を依存するグループ(ウグイス類、小型ツグミ類など)の種数が減少した(図3上)。一方、シカの糞塊数が多いところでは、枯立木の胸高断面積合計が多くなり、それにとまって、幹に採食や巣場所を依存するグループ(キツツキ類やシジュウカラ類)の種数が増加した(図3下)。その結果、シカ密度指標の一つであるシカ糞塊に対して、鳥全体の種数をプロットすると二山形になった。

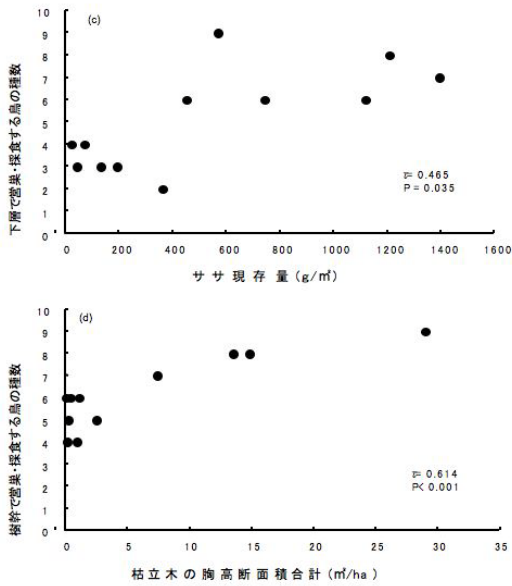


図3 (上) ササ現存量と下層で営巣または採食をする鳥の種数との関係、(下) 枯立木の胸高断面積合計と樹幹で営巣または採食をする鳥の種数との関係。 $\tau$ はKendallの順位相関係数。

### ② 地表徘徊節足動物群集

地表徘徊クモ類の総捕獲数は防鹿柵内で多く(図4左)、ササの回復によって巣をつくるための足場が増加したためであると考えられた。オサムシ科甲虫の総捕獲数と種数は防鹿柵外で多く(図4右)、餌となる小型の節足動物がササの少ない林外に多いことと関係づけられた。

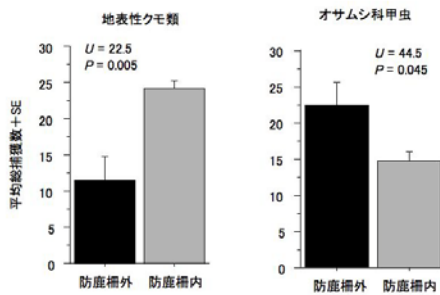


図4 地表徘徊性のクモ類とオサムシ科甲虫の総捕獲数の防鹿柵内外の比較

### ③ 水生節足動物群集

属数と科数はササなし区が多かった(表1)。環境要因で有意差が見られたのは開空度で、ササあり区が高かった。したがって、水生節足動物群集の多様性は、林床植生の有無よりも上層木の被度に影響を強く受けている可能性があることが分かった。

表1 秋期に採集された水生節足動物群集の河川間の比較

	ササなし	ササあり
個体数	148.6 ± 52.88	77.2 ± 42.66
属数	18.4 ± 2.19	10.2 ± 2.28 *
科数	16.6 ± 2.97	9.4 ± 2.07 *
Plecoptera		
<i>Calineuria</i> spp.	8.2 ± 2.17	0.8 ± 1.79 *
<i>Pseudomegarctus</i> spp.	1.4 ± 1.14	0.4 ± 0.89
<i>Capnia</i> spp.	5.2 ± 6.02	4.2 ± 4.44
<i>Amphinemura</i> spp.	5.0 ± 4.06	0.8 ± 1.30
Ephemeroptera		
<i>Ameletus</i> spp.	8.2 ± 4.66	0.8 ± 0.84 *
<i>Epeorus</i> spp.	0.0 ± 0.00	0.6 ± 1.34
<i>Ecdyonurus</i> spp.	0.0 ± 0.00	0.0 ± 0.00
<i>Drunella</i> spp.	4.4 ± 2.97	0.0 ± 0.00
<i>Baetis</i> spp.	7.0 ± 4.00	0.6 ± 1.34 *
Coleoptera		
<i>Mataeopsephus</i> spp.	1.2 ± 0.45	0.0 ± 0.00 *
Diptera		
<i>Chironominae</i> spp.	1.0 ± 2.24	0.2 ± 0.45
<i>Antochinae</i> spp.	0.0 ± 0.00	0.0 ± 0.00

\* P<0.05

### (4) ニホンジカによる植生変更に伴う土壌の物質循環に及ぼす影響の解明

窒素無機化速度と窒素溶脱速度は防鹿柵外で高かったが、土壌の全炭素、全窒素含有量は防鹿柵内外で差がなかった。ササの枯死桿のC/N比は防鹿柵外で高かったことから、シカによる採食がリターの基質を変えることでリター分解を促進した結果、窒素無機化速度を高めていると考えられた。この結果に加えて、防鹿柵外ではササによる窒素吸収量が少ないために、窒素溶脱速度が高くなると考えられた。

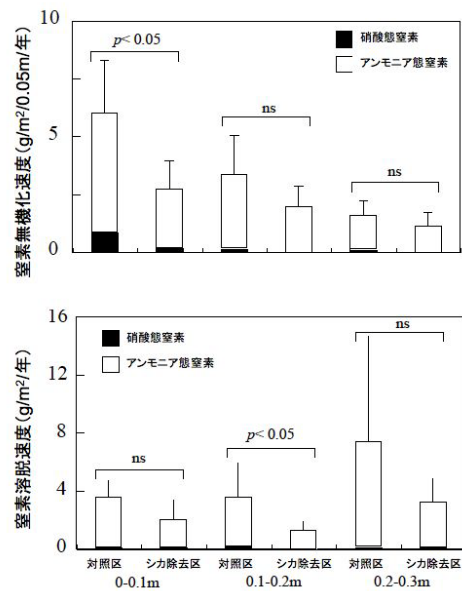


図5 表層から0-10cm, 10-20cm, 20-30cmの3層における窒素無機化速度と窒素溶脱速度の防鹿柵内外間の比較

(5) ニホンジカの環境収容力に基づく広域的な下層植生管理手法の開発

図1は、シカの密度と餌である下層植生の消失量が相関することを示している。大台ヶ原では、この10年間シカ密度と下層植生の分布や量に大きな変化が見られないことから、シカが1年間に食べる量と下層植生が1年間に生産する量とが釣り合っており、現在の密度で平衡状態にあると考えられる。図2が示すように、実生の生存率はシカ密度が高くても下層植生の現存量が高くても低くなるため、森林再生のためにシカ密度を減らすならば、それに応じて下層植生も減らす必要がある。図3、図4、表1は、動物群集の違いによって好ましい下層植生の現存量は異なることを示している。また図5は、シカが下層植生を食べることで、窒素の無機化を早める一方で、溶脱も早めていることを示している。これらの結果から、シカ密度を減らすと同時に、下層植生については現存量の高い場所と低い場所をモザイク状に分布させるのが好ましい。

大台ヶ原では、環境省によって自然再生事業が行われており、天然更新によって後継樹の生育が可能となる状態を目標に、ニホンジカの個体数調整が実施されている。上記したように、森林再生のためには、シカの目標密度に応じた環境収容力にまで下層植生を減らす必要がある。本研究の成果をもとに、そのための方法を提案する。

まず、図2のモデルを使うことで、天然更新が可能となるシカ密度を達成するためにどの下層植生を刈り取るか（下層植生が密生してかつシカが高密度なために実生の生存率が低い場所を優先）を決定することができると同時に、管理後の実生の生存率を推定することができる。たとえば、図2の右上に位置して実生生存率が0.3以下と低いミヤコザサ区（No. 1, 2, 3）とミヤマシキミ区（No. 8）を最優先区として刈り取ることで、シカの環境収容力を低下させ、かつ実生生存率を高める方向（すなわち図の左下）に改変することができる。

つぎに、上で開発した密度推定法で算定した植生タイプごとのシカ密度指標と大台ヶ原における各植生タイプの分布と面積（環境省資料）とに基づき、大台ヶ原における密度分布図を作成した（図6）。この分布図をもとに、下層植生の刈り取り後のシカ密度が目標とする密度になるように、下層植生を刈り取りの対象となる面積を決めることができる。

本研究で行った環境収容力に基づくシカの個体数管理によって森林を再生させる手法の開発は、世界的に見ても先駆的なものである。これらの成果は、大台ヶ原自然再生事業を初めとして、ニホンジカによる植

生被害が深刻化している全国各地の森林再生において利用されることが期待される。

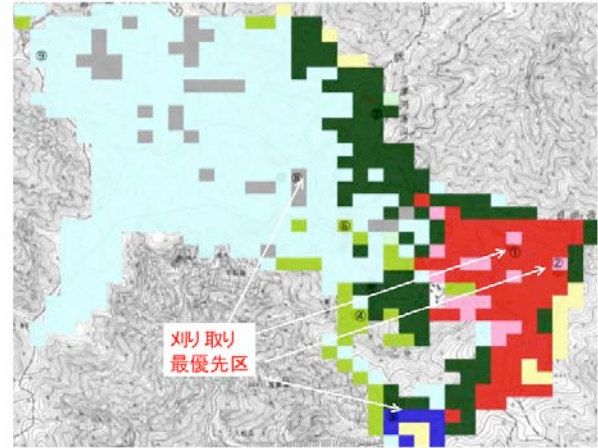


図6 大台ヶ原の植生タイプにもとづくシカの密度分布（100mX100mメッシュ）。メッシュの色は図2の植生タイプに対応。黄色はミヤコザサ草地（未調査）。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計11件）

- ① 上田明良、日野輝明、伊東宏樹、ニホンジカがミヤコザサの採食をとおしてオサムシ科甲虫の群集構造に与える影響。日本森林学会誌、91巻、111-119、2009、査読有
- ② 寺井裕美、柴田昌三、日野輝明、草食性哺乳類がミヤコザサの地上部と地下部に与える影響 - 採食排除後4年目の調査から -。日本緑化工学会誌、34巻、516-523、2009、査読有
- ③ 伊東宏樹、日野輝明、Effects of deer and mice on seedling survival in a temperate mixed forest of Japan, Forest Ecology and Management、256巻、129-135、2008 査読有
- ④ 伊東宏樹、日野輝明、Dwarf bamboo as an ecological filter for forest regeneration, Ecological Research、22巻、706-711、2008、査読有
- ⑤ 上田明良、田淵研、日野輝明、シカの採食がササにゴールを形成するタマバエとその寄生蜂2種に与える間接効果、日本森林学会誌、90巻、335-341、2008、査読有
- ⑥ 古澤仁美、日野輝明、金子真司、フンカゴ法によるシカ糞の分解過程の定量評価、日本森林学会誌、89巻、297-301、2007、査読有
- ⑦ 日野輝明、The impact of herbivory by deer on forest bird community in Japan, Acta Zoologica Sinica、52巻、684-686、

2006、査読有

- ⑧ 古澤仁美、日野輝明、荒木誠、大台ヶ原においてニホンジカとミヤコザサが表層土壌の温度・水分環境に及ぼす影響、森林立地、48巻、91-98、2006、査読有

[学会発表] (計10件)

- ① 上田明良、田淵研、日野輝明、大規模防鹿柵内におけるミヤコザサフシコブタマバエ寄生蜂2種の寄生率変化、日本応用動物昆虫学会大会、2009.3.30、北海道大学
- ② 古澤仁美、日野輝明、高橋裕史、金子真司大台ヶ原においてニホンジカの採食は土壌からの窒素流亡を増やす、日本森林学会、2009.3.28、京都大学
- ③ 日野輝明、伊東宏樹、高橋裕史シカおよびササとの相互作用が作り出す森林の種多様性、日本生態学会、2009.3.19、岩手県立大学
- ④ 高橋裕史、日野輝明、伊東宏樹、群れカウントによる大台ヶ原のニホンジカ利用度の評価、日本生態学会、2009.3.18、岩手県立大学
- ⑤ 伊東宏樹、日野輝明、高橋裕史シカと林床植生が樹木実生の生存に及ぼす効果、日本生態学会、2009.3.18、岩手県立大学
- ⑥ 日野輝明、Forest ecosystem management based on interaction network in Odaigahara, Japan、韓国鳥類学会、2008.11.30、公州国立大学

[図書] (計2件)

- ① 日野輝明、京都大学学術出版会、群集生態学第7巻:生物群集と人間活動、2009(分担執筆、印刷中(掲載確定))
- ② 柴田叡弼、日野輝明(編著)、東海大学出版会、大台ヶ原の自然史-森の中のシカをめぐる生物間相互作用-、2009、288頁

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

日野 輝明 (HINO TERUAKI)  
独立行政法人森林総合研究所・関西支所・チーム長  
研究者番号：80212166

### (2) 研究分担者

高橋 裕史 (TAKAHASHI HIROSHI)  
独立行政法人森林総合研究所・関西支所・主任研究員  
研究者番号：60399780  
吉村 真由美 (YOSHIMURA MAYUMI)  
独立行政法人森林総合研究所・関西支所・主任研究員

研究者番号：40353916

伊東 宏樹 (ITOU HIROKI)  
独立行政法人森林総合研究所・多摩森林科学園・チーム長

研究者番号：50353587

上田 明良 (UEDA AKIRA)  
独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・チーム長

研究者番号：90353599

古澤 仁美 (FURUSAWA HITOMI)  
独立行政法人森林総合研究所・立地環境研究領域・主任研究員

研究者番号：40353841

柴田 叡弼 (SHIBATA EIICHI)  
名古屋大学・生命農学研究科・教授

研究者番号：30252282