

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：24302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450202

研究課題名(和文)シカの食害環境下にあるナラ枯れ被害林分の植生回復の可能性：京都三山における予測

研究課題名(英文)Vegetation recovery possibility of forests damaged by oak wilt disease and deer browsing: Case study at Kyoto City

研究代表者

長島 啓子 (Nagashima, Keiko)

京都府立大学・生命環境科学研究科・准教授

研究者番号：40582987

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、京都三山におけるナラ枯れ被害林分の植生回復の可能性を把握し、有効な植生回復措置を提案することを目的に行った。京都三山全域に広がるナラ枯れ被害林分はシカの食害による植生の衰退が各地で生じており、ソヨゴ、アラカシ、ヒサカキなどの非嗜好性樹種から低質林になりつつあると言えた。コナラやアベマキが下層に見られることはなく、現状のままではコナラやアベマキの再生は難しい状況であることがわかった。一方、アベマキ・コナラの再生には、斜面下部を中心に小面積皆伐と防鹿柵を設置することが有効であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to interpret the recovery possibility and to determine the appropriate treatment for restoration of forests damaged both by oak wilt disease and deer browsing. Conducting field survey in the widely expanded damaged secondary broad-leaved forests in Kyoto City, which consists mainly with *Quercus serrata* and *Quercus variabilis*, no seedlings or samplings of *Q. serrata* and *Q. variabilis* were observed. Thus the possibility to regenerate naturally to *Q. serrata* and *Q. variabilis* forests was expected to be low. Instead, seedlings and samplings of *Ilex pedunculosa*, *Q. glauca*, *Eurya japonica*, were frequently observed and considered to become the main species in the future. On the other hand, small-scale clear-cutting and deer-proof fencing seemed to be effective for enhance rejuvenation especially on lower slope sites even for mature-aged *Q. serrata* and *Q. variabilis* forests.

研究分野：森林生態学 森林計画学

キーワード：シカの食害 ナラ枯れ被害林分 植生回復 防鹿柵 森林再生

### 1. 研究開始当初の背景

近年、日本全国でカシノナガキクイムシが媒介するナラ菌により、コナラやミズナラが集団的に枯死するナラ枯れが広がりを見せている。京都三山（北山，東山，西山）においても 2005 年に 65 本，2010 年に 17,976 本，2012 年に 14,012 本と毎年新たな枯死木が観察されており，その分布も拡大している（吉井・小林，2016）。広葉樹林を利用しなくなり，老齢化していることがその原因の一つとされていることから（小林・上田，2005），被害林を伐採し，萌芽更新による若返りを図ることが提案されている（伊藤，2013）。しかし，老齢化による萌芽力の低下や全国的に広がりを見せるシカの食害により，伐採をしても想定した植生回復が望めない可能性が高い。また，老齢化したナラ枯れ被害林分への防鹿柵設置の効果も未解明で，有効な植生回復措置が把握されていない。

京都三山では広範囲にわたるナラ枯れ被害林分の低質林化・多様性の低下が予想されるため，ナラ枯れ被害林分の植生回復の可能性を把握し，植生回復が困難な場所について，有用な回復措置を提案する必要があると言える。

### 2. 研究の目的

本研究では，ナラ枯れ被害林分の植生回復状況を左右する要因を解析し，植生回復パターンの解明を行うことで，シカの食害が広く見られる京都三山のナラ枯れ被害林分の植生回復の可能性を予測する。また，防鹿柵設置による植生回復への効果を探る。具体的には，京都三山を対象に，1)ナラ枯れ被害林分の分布状況の把握，2)ナラ枯れ被害林分の植生回復状況とその要因の解析を通じた，植生回復パターンの把握，そしてこれら 2 者の成果をもとに 3)植生回復ポテンシャルマップの作成を行う。また，4)シカの食害が見られる老齢化したナラ枯れ被害林分への防鹿柵設置による植生回復の効果を探る。

### 3. 研究の方法

#### (1) ナラ枯れ被害林分の分布状況の把握

ナラ枯れ被害林分を抽出するため，高解像度衛星画像 WorldView-2 を用いて，植生指数 (NDVI) を算出し，現地で確認したナラ枯れ枯死木の NDVI 値を教師データとし，京都市周辺の枯死木の抽出を行い，枯死木の分布図を作成した。枯死木の分布図を環境省自然環境局生物多様性センター提供の自然環境 GIS の植生調査 (1/25,000 縮尺) の第 6-7 回の京都周辺の落葉広葉樹林・二次林と重ね合わせ，ナラ枯れ被害林分の分布状況を把握した。なお，WorldView-2 の画像は，2012 年 7 月 27 日にオフナディア角 5.42 度で，京都市北部の上賀茂神社から京都御所までが中心となるエリアであることから，この範囲をナラ枯れ被害林分の分布状況の解析範囲とした。

#### (2) 植生回復パターンの把握

(1)において，京都市周辺をとりまく落葉広葉樹林はナラ枯れの被害を受けていることが確認できたことから，京都三山に分布する落葉広葉樹林 (5,455 ha) を対象に，ナラ枯れ被害林分の植生回復状況の把握を行った。まず地質図，斜面形状区分図，斜面傾斜区分図，堆積様式区分図，表層土粒径区分図を，地理情報システム (GIS) を用いてオーバーレイし，得られた立地環境図をもとに立地環境の把握を行った。その上で，専有面積の大きい立地環境上位 29 通り (対象地全体の 80.46%) を抽出し，それらの立地環境を示す主に 5 つの区域の合計 60 地点において現地調査を行った (図 1)。現地調査では，各地点において 10m×10m の方形区を設置し，毎木調査を行い，樹種，胸高直径 (DBH)，樹高を測定・記載するとともに，プロットの四隅に 2m×2m のサブプロットを設け実生調査 (樹種，個体数) を行った。また，シカの食害による森林の衰退程度も SDR (藤木 2012) を用いて調査した。

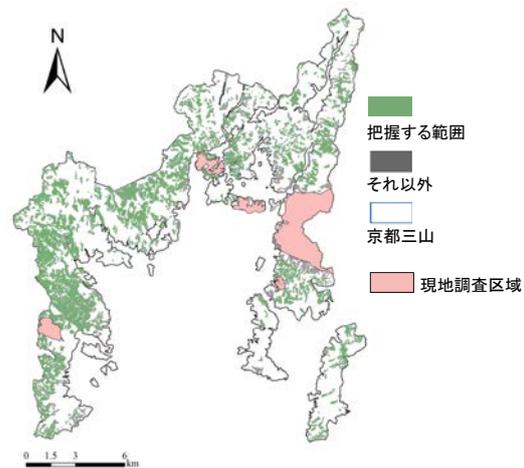


図 1 調査対象の立地環境と現地調査区域

毎木調査データから樹高 8m 以上の上層木と 8m 未満の下層木に分け，上層木では立地環境毎の樹種別胸高断面面積割合を，下層木では立地環境ごとの樹種別幹数割合を算出し，クラスター分析による植生分類を行った。そして，上層木の植生群と下層木の植生群の現存する組合せを把握し，ナラ枯れ被害林分の植生パターンの把握を行った。更に植生パターンを決定する要因を把握するため，下層木の植生群を目的変数，上層木の植生群，立地環境 (地質・斜面形状・斜面傾斜・堆積様式・表層土粒径) のデータを説明変数として，数量化 II 類および数量化 III 類を用いて把握した。これにより各植生パターンの立地環境が把握できると考えた。また，実生調査の結果と SDR との関係把握するため，衰退度が高い植生で多く見られる実生樹種を整理した。

#### (3) 植生回復ポテンシャルマップの作成

(2)で得られた各植生パターンの立地環境

の特徴を立地環境図に当てはめ、植生回復ポテンシャルマップの作成を行った。

#### (4)防鹿柵設置による植生回復効果の把握

##### ①ナラ枯れ被害林分の実生発生状況と要因の把握

宝ヶ池公園桜の森の西向き斜面の中部から下部にかけて見られるナラ枯れ被害林分に、実生の発生状況を把握するための実生プロットを、シカの食害を防止する防鹿ネットを張った2×2mの調査区(P)と、防鹿ネットを張らない対照区(Cp)を5つずつ、合計10プロット設置した(写真1)。この際、方形区を上部、中部、下部に均等に3区分し、調査区(P)及び対照区(Cp)をそれぞれ上部に2個ずつ(P1, P2, Cp1, Cp2), 中部に1個ずつ(P3, Cp3), 下部に2個ずつ(P4, P5, Cp4, Cp5)設置した。実生の調査は、2014年4月8日から8月25日までおおむね2週間ごとに実施し、樹種を記載し、個体数を計数した。また、林内の光環境を調べるため、プロットの中心高さ50cmにおいて、2014年6月17日と7月19日に全天空写真撮影を行い、全天空写真解析ソフト(CanopOn2)を用いて開空度を算出した。更に成長期が概ね終了した2014年10月に、各実生プロットの中心とプロットを1/4に細分した範囲の中心の計5箇所において、山中式土壌硬度計による土壌硬度の測定をした。

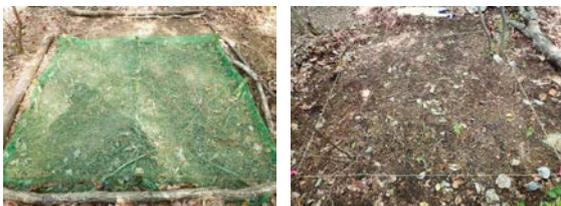


写真1 調査区と対照区

各プロットの種組成の違いを把握するため、最終調査日の調査区及び対照区の樹種別個体数を用いてクラスター分析を行い、プロットを種組成が類似した植生群に分類した。植生群間で個体数、種数に違いがあるかを把握するため、Kruskal-Wallis検定とSteel-Dwassによる多重比較を行った。また、各植生群と樹種及び環境要因との関係を総合的に把握するため、クラスター分析で用いた樹種別個体数データと各プロットの位置(上部、中部、下部)、6月と7月の各プロットの平均開空度、各プロットの5箇所の測定データによる平均土壌硬度を用いて正準対応分析(Canonical Correspondence Analysis, CCA)を行った。

また、シカによる利用状況を把握するため、宝ヶ池公園へのシカの外部からの移動経路と被害状況の把握に努めた。被害状況の把握では、自動撮影装置を設置し、シカの来訪状況を把握した。

##### ②小面積皆伐と防鹿柵設置による植生回復効果の把握

宝ヶ池公園桜の森の西向き斜面の中部から下部にかけて見られるナラ枯れ被害林分に、2015年11月から12月にかけて、(a)防鹿柵のみを設置する防鹿柵区、(b)伐採後防鹿柵を設置する伐採+防鹿柵区、そして(c)コントロールとして何もしない放置区(各10m×30m)を設置した(写真2)。そして各調査区を斜面上部・中部・下部に10×10mに分割した調査プロットにおいて、樹高が0.5-2.0mの木本樹種を対象に、低木層の新規侵入種と伐採+防鹿柵区の萌芽更新状況を把握した。また、10m×10mに調査プロットの4隅および中心に1m×1mの実生調査区を設置し、発生した実生の樹種、個体数を記載した。更に、各実生プロットの光環境を把握するため、実生調査区の中心において、2016年6月と10月に全天空写真撮影を行い、全天空写真解析ソフト(CanopOn2)を用いて開空度を算出した。また、2016年4月および10月には光量子束密度をLI-COR社製LI-1500データロガーおよびLI-190R光量子センサを用いて測定した。



写真2 伐採+防鹿柵区の様子

調査プロット別に低木層への新規侵入種および実生について、個体数、種数、多様度指数(Shannon-wiener)、樹種別個体数割合を比較した。また実生については、樹種別の個体数データをもとに森下のCX指数を算出し、クラスター分析により樹種構成が似た植生グループに分類を行った。その上で、実生の樹種構成を規定する要因を開空度、光量子束密度および斜面位置との関係から、CCAを用いて解析を行った。萌芽更新状況は、樹種別に萌芽再生率、平均萌芽本数、平均萌芽最大高を算出することで把握した。萌芽再生率は伐採株に対する萌芽再生株の割合(%)であり、平均萌芽本数は1つの株から生じた萌芽の数の平均値である。また、平均萌芽最大高は、1つの株から再生した多くの萌芽のうち最も萌芽の高さが高いものを計測し、樹種毎に平均値を算出したものである。

#### 4. 研究成果

##### (1) ナラ枯れ被害林分の分布状況の把握

WorldView-2画像を利用し、枯死木によるナラ枯れ被害林分の抽出を行ったところ、対象範囲の落葉広葉樹林のほぼ全域が被害を

受けていることが判明した(図-2)。2005年～2012年に京都府が行ったヘリコプターによるナラ枯れ木探査(吉井・小林, 2016)の結果と同様であり、京都市周辺の落葉広葉樹林全体がナラ枯れによる枯死木が散在するナラ枯れ被害林分となっていると判断された。

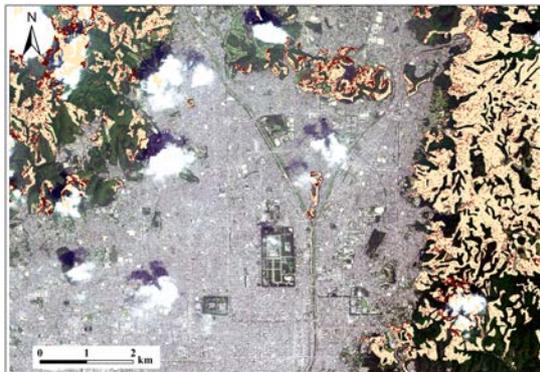


図2 京都市周辺の落葉広葉樹林とナラ枯れ被害。  
肌色：落葉広葉樹林，赤：枯死木

## (2) 植生回復パターンの把握

SDRによる調査を現地の条件などから実施できたのは5つの区域のうち4つの区域であり、現地調査地60地点のうち43地点であった。この結果、京都三山の落葉広葉樹林は1.6m以下の植被率が38%未満の衰退度D2、18%未満のD3が半分以上を占め、9%未満の衰退度が最も高いD4も7地点みられ、シカの食害による植生の衰退が進んでいることが確認された。

そのような中、ナラ枯れ被害林分の植生は上層がアベマキ・コナラ林の場合は、下層にコバノミツバツツジ・ネジキ林、ヤブツバキ林、サカキ林、アラカシ林が、コナラ林の場合は、下層にコバノミツバツツジ・ネジキ林、ヤブツバキ林、モチツツジ林、アラカシ林が、コナラ・ソヨゴ林の場合は、コバノミツバツツジ・ヒサカキ林、コバノミツバツツジ・ネジキ林、モチツツジ林が形成され、合計11パターンの植生タイプに分けられることがわかった。また、数量化II類の結果、地質、上層植生、傾斜、および表層土粒径によって形成される下層植生が異なることが判明した。これらの要因の関係性を数量化III類によって序列化し視覚的に把握すると、表1のようなことがわかった。

表1 下層植生と立地環境および上層植生との関係

下層植生	地質	上層	傾斜	表層土粒径
コバノミツバツツジ・ヒサカキ林	泥・砂・チャート互層	コナラ・ソヨゴ林	緩傾斜	シルト質
モチツツジ林	輝緑凝灰岩	コナラ・ソヨゴ林	中～急傾斜	
コバノミツバツツジ・ネジキ林	泥・砂・チャート互層	コナラ林	平坦～急傾斜	
ヤブツバキ林	チャート	コナラ林	中～急傾斜	砂質
サカキ林	砂岩	アベマキ・コナラ林		
アラカシ林	花崗岩	コナラ林		

下層にコナラやアベマキが見られることはなく、現状のままではコナラやアベマキの再生は難しい状況であると言えた。実生調査とSDRの関係解析から、シカによる衰退度が高ければ高いほど、アラカシ、ソヨゴ、ヒサカキなどの非嗜好性樹種の実生が多く見られる傾向にあることが分かった。この点から下層タイプがアラカシ、ヒサカキ林は、同一樹種による単純な樹種で形成される可能性が示唆された。また、その他の下層の植生タイプも高木性の樹種が見られないことから、上層のコナラやアベマキ林が枯死すると、マツ枯れ跡地のように低木性樹種からなる低質林が形成されることが危惧された。

## (3) 植生回復ポテンシャルマップの作成

(2)の結果から、コナラ林やアベマキ林の再生が期待できる植生タイプは見られなかった。しかし、京都三山全体で、どの場所がどのような植生になりつつあるかを把握することは重要であることから、(2)で得られた植生タイプと立地環境との関係のデータを、立地環境図に当てはめ、植生ポテンシャルマップを作成した。下層植生タイプによるポテンシャルマップ(図3)から、ヤブツバキ林が1,242.2 haと最も多く、次いでコバノミツバツツジ・ヒサカキ林(1,054.8 ha)が多かった。コバノミツバツツジ・ヒサカキ林には、ソヨゴも主要な樹種として存在しており、ヒサカキとともに非嗜好性樹種であることから、今後さらにこれらの樹種の優占度が高くなると考えられる。よって、これらの植生タイプを示す場所において、森林の再生を試みる必要があると言える。

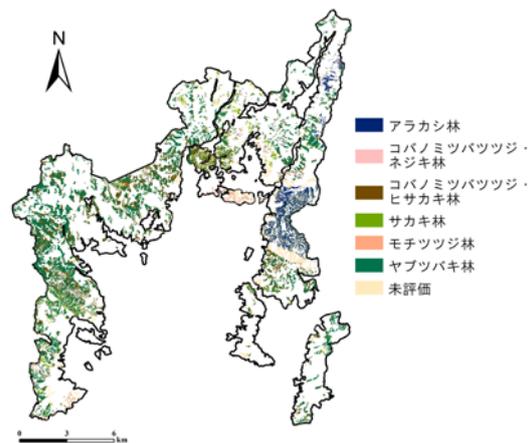


図3 下層の植生タイプによるポテンシャルマップ

## (4) 防鹿柵設置による植生回復効果の把握

① ナラ枯れ被害林分の実生発生状況と要因の把握

調査区と対照区で位置の対応するプロット間の個体数を比較したところ、調査区の方が多い傾向が見られ、特に下部プロットでその傾向が強かった。しかし、種数は、調査区の下部プロットの種数が多いものの、上部と

中部のプロットでは調査区と対照区に大きな差は見られなかった。このことから、防鹿ネットの設置は個体数の増加に寄与したが、種数には影響を与えていないと考えられた。

クラスター分析の結果、各植生群には調査区、対照区のプロットが混合していたことから、防鹿ネットの有無は種数だけでなく、種組成にも影響していないと考えられた。その一方、種組成とプロットの位置に関係があるように思われた。土壌硬度はいずれの植生群も 12-13 mm で差は見られなかった。CCAの結果からも、開空度とプロットの位置が種組成を規定する要因として示された。ウリカエデ、サルトリイバラなどの先駆性樹種とともにコナラが見られた植生群 III は、明るい斜面下部に形成される傾向が見られた。また、これらの明るい斜面下部において、個体数や種数が他の植生群より高い傾向が示された。一方、アオハダ、ヒサカキ、ネジキ、タカノツメ、ソヨゴなどから成る植生群 I は開空度が低いプロット上部に、ソヨゴが優占する植生群 II は中部を中心に開空度が低い場所で形成される傾向が見られ、個体数も種数も上部に位置する植生群 I が最も少なく、植生群 II は中間的な値を示していた。斜面上部から中部のプロットでこれらの実生が成長すると、ソヨゴなどが優占したマツ枯れ低質林と同様の植生が形成される可能性があると言える。

アベマキやコナラの実生は、明るい斜面の下部に出現する傾向が見られた。このため、これらの場所に防鹿ネットを設置することで、アベマキ、コナラの再生の促進が期待される。しかし、アベマキやコナラの発生した実生はわずかであり、同じ斜面下部には先駆性樹種のほか、耐陰性のソヨゴなどが存在することから、生残し林冠を構成する種となるかについては、引き続きモニタリングを実施する必要がある。そして、これらの実生が生残しない場合は、必要に応じて耐陰性の高い樹種の除去や植栽などの処理が必要と考えられる。

シカによる利用状況を把握した結果、高野川から長代川が主な移動経路となり、川から上がる人間用の階段が使われているため侵入を止めるのは極めて困難であるとわかった。また、自動撮影装置を設置した結果、頻繁にシカが訪れ、下層植生や低木を食べる様子が把握でき、植生再生において防鹿柵設置の必要性を確認できた。

## ②小面積皆伐と防鹿柵設置による植生回復効果の把握

低木層の新規侵入種の調査の結果、全てのプロットにおいて防鹿柵の有無に関わらずソヨゴが最も多く見られ、光環境の良い斜面下部において多様度が高く、個体数も多くなっていることが把握できた。また、防鹿柵区、伐採+防鹿柵区、放置区と比較すると、伐採+防鹿柵区において最も種数と個体数が多

く、特に斜面下部でその傾向が顕著に見られ、アカメガシワなどの先駆性樹種が見られた。実生においても同様に、防鹿柵の有無に関わらず斜面下部の個体数・種数が最も多く、伐採+防鹿柵区において最も多い種数と個体数が観察された。コナラやアベマキの実生は斜面下部の全ての処理区で合計 5 個体が観察されたが、低木層に新規に侵入した地樹は見られなかった。CCAの結果、実生の種組成はプロットの位置や開空度に影響を受けており、開空度が低い上部から中部のプロットでは、ソヨゴなどのマツ枯れ低質林と同様の植生が形成される可能性が示唆された。一方、明るい下部プロットには先駆種とともにコナラの実生が見られ、防鹿柵の設置によりアベマキやコナラの再生を促進することが期待された。これは、事前に実施した①の実生発生状況と要因の把握と同様の結果を示したと言える。

伐採+防鹿柵区で伐採されたコナラ、アベマキは萌芽再生率が 50%以上であった。平均萌芽数はコナラで 20 本、アベマキで 81 本とコナラが少ないものの、平均萌芽最大高はコナラ 110 cm、アベマキ 160 cm と伸長量も多いことから、順調に更新していた。このことから伐採による若返りがコナラやアベマキの再生に貢献する可能性が示唆された。

## (5)まとめ

本研究では、ナラ枯れ被害林分の植生回復状況を左右する要因を解析し、植生回復パターンの解明を行うことで、シカの食害が広く見られる京都三山のナラ枯れ被害林分の植生ポテンシャルマップの作成を行った。また、防鹿柵設置および小面積皆伐による植生回復への効果を探った。その結果、京都三山の落葉広葉樹林は全域にわたりナラ枯れの被害林を受けており、現在の植生は 11 パターンに分類することができるが、下層にコナラやアベマキが見られることはなく、現状のままではコナラやアベマキの再生は難しい状況であることがわかった。今後、上層のアベマキやコナラが枯死すると、ソヨゴ、アラカシ、ヒサカキなどの非嗜好性樹種からなる常緑低木林や、ネジキなどから成るマツ枯れ低質林に移行する可能性が示唆された。

一方、例え老齢林となっても一定の萌芽再生が見られること、明るい斜面下部を中心に実生が見られることから、アベマキやコナラの再生には、斜面下部を中心に小面積皆伐と防鹿柵の設置が最も有効であると考えられた。しかし、同じ斜面下部には先駆性樹種のほか、耐陰性のソヨゴなどが存在することから、生残し林冠を構成する種となるかについては、引き続きモニタリングを実施する必要がある。

## <引用文献>

伊東宏樹 (2013) 前回の萌芽更新から 64 年を経過したコナラ二次林の萌芽試験。森林総合研究所研究報告,

12(2): 105-109

- 藤木大介 (2012) ニホンジカによる森林生態系被害の広域評価手法マニュアル. モノグラフ 4: 1-16
- 小林正秀・上田明良 (2005) カシノナガキクイムシとその共生菌が関与するブナ科樹木の萎凋枯死: 被害発生要因の解明を目指して. 日本森林学会誌, 87: 435-450.
- 吉井 優・小林正秀 (2016) ナラ枯れはどのような場所で最初に発生しやすいのか? 森林応用研究, 25(1): 7-14.

## 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 1 件)

①長島啓子、シカの食害環境下にあるナラ枯れ被害林分の実生の発生とその要因、日本緑化工学会誌、査読有、vol.43、no.1、(掲載決定)

[学会発表] (計 3 件)

① Nagashima K., Shimomura T., Tanaka K., Early stage vegetation recovery in forests damaged by oak wilt disease and deer browsing: Effects of deer-proof fencing and clear-cutting. 12<sup>th</sup> International Congress of Ecology, 2017.8., Beijing (China) 発表確定

② 下村友誉、長島啓子、田中和博、防鹿柵設置と伐採方法の違いによるナラ枯れ被害林分の植生回復、第 128 回日本森林学会大会、2017 年 3 月、鹿児島大学 (鹿児島県鹿児島市)

③ 長島啓子、シカの食害環境下にあるナラ枯れ被害林分の植生パターン: 京都三山を事例に、第 127 回日本森林学会大会、2016 年 3 月、日本大学 (神奈川県藤沢市)

[その他]

ホームページ等

本研究の成果は、「宝が池の森保全再生協議会」を通して宝が池の森の再生に貢献している。(HP: <http://takaragaike.html>.  
[xdomain.jp/index.html](http://xdomain.jp/index.html))

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

長島 啓子 (NAGASHIMA Keiko)

京都府立大学・大学院生命環境科学研究科・准教授

研究者番号: 40582987

### (2) 研究分担者

田中 和博 (TANAKA Kazuhiro)

京都府立大学・大学院生命環境科学研究科・教授

研究者番号: 70155117

高柳 敦 (TAKAYANAGI Atsushi)

京都大学・農学研究科・講師

研究者番号: 70216795