

令和 5 年 5 月 4 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06339

研究課題名（和文）植生と土壌の相互関係に基づく雑木林管理手法の開発

研究課題名（英文）Development of coppice management method based on interaction between vegetation and soil

研究代表者

吉川 正人（YOSHIKAWA, Masato）

東京農工大学・（連合）農学研究科（研究院）・准教授

研究者番号：80313287

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：都市近郊のコナラ二次林を対象として、植生復元に応用するための植生と土壌の相互関係の研究をおこなった。更新伐採後の林床植生の変化を6年間追跡し、光環境の改善と林床管理の再開による林床植生の復元状況を明らかにした。積極的な復元手法として、種子のついた刈草の導入による復元を試みた。移植された種はわずかであったため、手法改善に向けた課題を検討した。また、更新伐採によって土壌が乾燥化し、コナラの菌根菌組成に変化が生じて外生菌根菌に対してアーバスキュラー菌根菌が優位になること、優占種樹種の生育密度に応じてアレロパシー作用を持つポリフェノール類の根やリター中での濃度が変化することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

都市近郊に緑地として残されている樹林には、農用林由来の落葉広葉二次林が多い。こうした樹林は地域の生物多様性保全の上で重要な役割をもつが、現在の管理手法は、かつてのような薪炭材や落葉の採取といった資源利用と切り離されたものであるため、効果的な管理となっていない場合が多い。本研究では、資源利用にともなうバイオマスの持ち出しが、土壌を通じた植物の生育環境に与えていた影響の一端を明らかにした。得られた知見は、都市緑地としての雑木林の植生管理のために、植生と土壌の相互関係に基づいた合理的かつ効率的な植生管理計画に応用できるものである。

研究成果の概要（英文）：The interrelationship between vegetation and soil in a secondary forest of *Quercus serrata* was investigated for application to vegetation restoration. We monitored changes in the forest floor vegetation after re-cutting for 6 years, and clarified that it was difficult to restore the original species composition of the forest floor only by improving the light environment and resuming forest floor management. As a proactive restoration method, we tried to restore by introducing herbs and grasses with seeds and leaf litter including seeds, but only a few species could be transplanted. In addition, it was found that tree cutting caused the soil to dry out, and arbuscular mycorrhizal fungi became superior to ectomycorrhizal fungi in *Quercus serrata* roots. Furthermore, it was revealed that the concentration of allelopathic polyphenols in roots and litter varies depending on tree density.

研究分野：植生管理学

キーワード：植生管理 群落移植 菌根菌 ポリフェノール 雑木林の更新 土壌理化学性

1. 研究開始当初の背景

農用林や薪炭林に由来する夏緑広葉樹の二次林は、長年にわたる人間の生産活動と関連して形成された植生であり、我が国の生物多様性保全上きわめて重要な二次的自然の中核をなす。しかし、化石燃料や化学肥料の普及から半世紀以上が経過し、雑木林の資源的価値がほとんど失われた現在では、管理が停止された雑木林でササ類の繁茂や常緑樹林化が起り、従来の生物の生育場所としての機能が大幅に低下している。管理停止による植生遷移の進行は、我が国の生物多様性国家戦略において、生物多様性に関する 4 つの危機のひとつに挙げられている「自然に対するはたらきかけの縮小」の典型例である。

一方で、現在の都市近郊に残る緑地は、こうした雑木林に由来するものが多く、都市域の生物多様性保全の拠点としての役割が期待されている。それらの生態的な機能を維持させるための管理には、雑木林からバイオマス資源を持続的に収穫していた頃の管理手法に学ぶことが不可欠である。しかし、雑木林の資源的価値が低下した現在、その管理手法についての知識は継承されにくくなっている。かつての資源利用と切り離された「管理」は、復元目標とすべき種多様性の高い森林群落の復元につながっていないことも多い。それは、林内の光環境の改善を目的とした伐採や下草刈りに重点が置かれ、資源の利用(=バイオマスの持ち出し)が生育環境に与える影響が考慮されてこなかったことに起因すると考えられる。そのため、資源利用にともなう植生管理が、土壌-植生間の養分動態や植物の繁殖にどのような影響を与えていたのかという点を明らかにすることが、雑木林の合理的な管理手法を確立するうえで不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では、雑木林の更新伐採による植生-土壌の相互関係に基づいた合理的で効率的な雑木林の植生管理手法を提案するための知見を得ることを目指した。具体的には、①更新伐採後の林床植生の変化を追跡調査し、光環境の改善と林床管理の再開による植生復元効果を明らかにしたうえで、より積極的な復元手法として、種子をつけた刈草の導入による群落復元の可能性を検討すること、②更新伐採や林床管理による光環境や土壌理化学性の変化が、土壌中の菌根菌相や樹木のアレロパシー物質の産生に与える影響を明らかにすること、を目的とした。

3. 研究の方法

東京都府中市の都立浅間山公園を主たる調査地とした。浅間山公園はかつて農用林として利用されていたコナラ二次林が保全されており、絶滅危惧種のムサシノキスゲをはじめとした多様な植物が自生する。ここでは、2017年1月に老齢化したコナラ林の更新とムサシノキスゲ個体群の復元を目的として、部分的に皆伐および択伐が実施された。この機会を利用し、伐採された約55年生のコナラ林に設置した固定調査区を4年間追跡し、伐採後の種組成の変化を明らかにした(研究成果1)。その後、復元目標となる林分から刈草を導入することによる群落移植の可能性について検討するため、2020年と2021年の秋に移植実験を行い、その後の種組成の変化を2年間追跡した(2)。また、更新伐採が、主な保全対象種であるムサシノキスゲの生育環境に与える影響を知るために土壌調査を実施した(3)。さらに、伐採と研究期間中に発生したナラ枯れ病が、コナラの菌根菌感染に及ぼした影響を調査した(4)。これらに加え、外来樹種のハリエンジュのアレロパシー作用の原因となるポリフェノールの生産が、生育立地によりどのように変化するかを調査した(5)。

4. 研究成果

(1) 長期間管理停止された雑木林の更新伐採後の植生変化

①目的

雑木林の更新伐採による林床の光環境の改善は、林床植生の種の豊かさの回復につながるということが知られているが、伐採間隔が長期化した場合の効果については十分な知見がない。そのため、過去20年以上にわたり林床管理が行われていない約55年生のコナラ林において、伐採後の植生変化を調査した。

②方法

浅間山公園において、2017年1-2月に皆伐および択伐が行われたコナラ林に固定調査区を設置し、伐採前の2016年11月と、伐採後の春(4-5月)と秋(9-10月)に経年的な植生調査を行った。伐採4年後の2020年までの調査データを集計し、伐採による光環境の変化と、伐採後に再開した夏の下草刈り・冬のリター除去処理による林床植生の変化を調べた。

③結果と考察

伐採後、皆伐区・択伐区ともに草本層の出現種数は2倍以上に増加した。皆伐区においては草刈りによってアズマネザサの被度が抑制された一方で、ヒメコウゾ、アカメガシワなどの先駆性木本が増加した。また、エノキ、ケヤキなど高木の実生、クズ、ヘクソカズラなどのつる植物が大幅に増加し、セイタカアワダチソウやコセンダングサといった外来草本の侵入もみられた。復元目標とするコナラ二次林の種としては、ヒメカンズゲ、ヒカゲスゲなどのスゲ属が増加したほ

か、ヒヨドリバナ、ミツバツチグリなどが出現したが、出現頻度は高くなかった。択伐区では先駆性木本の繁茂は起きなかったが、やはり高木実生やつる植物の増加が目立った。コナラ二次林の種では、ヒメカンスゲ、タチツボスミレなどのほか、16区画中11区画で当公園の主要な保全対象であるムサシノキスゲが出現した。両調査区とも出現種数は増えたものの、復元を期待した雑木林の構成種の出現は少なく、長期間の管理停止によって毎土種子が枯渇するなど、光環境の改善だけでは回復が困難な状況になっていることが明らかになった。

(2) 群落移植による雑木林の林床植生の復元

①目的

長期間林床管理が行われなかった雑木林の林床植生を復元する手法として、良好な林床植生が残っている林分からの刈草移植の有効性を検証することを目的とした。

②方法

前述の皆伐・択伐地にある2調査区を引き続き復元区として利用した。復元目標となる林床植生が残存している未伐採の林分に移植元区を設定して、多くの林床性植物の結実期にあたる秋に移植元区から刈り取った草本層の地上部およびリターを撒きだした。また、皆伐・択伐された区域内に、草刈りのみで移植を行わない対照区も設置した。移植処理は2020年と2021年の秋に行い、移植元区・対照区も含めた全6調査区について、移植前の2020年と移植後の2021年春と秋に植生調査を行った。

③結果と考察

移植処理後に新たに出現した種のうち、移植元区からの種子供給により出現した可能性があるのは、皆伐区・択伐区ともにノガリヤス1種だけであった。移植を期待したコナラ二次林を特徴づける種（シラヤマギク、オケラ、ニガナ、オオバギボウシなど）の多くは出現しなかった。刈草の移植による林床植生復元の効果は限定的であり、伐採と下草（ササ）刈りの再開による効果を大きく上回る効果は得られなかった。原因としては、移植元区においてもすでに草本種の個体群が大幅に縮小しているため発芽力のある種子の供給量が十分でなかったこと、復元目標とする種の多くは光要求性が高く、伐採から数年が経過して樹木が成長した林床は発芽に適した環境ではなかったこと、などが考えられた。そのため実用化を進めるためには、移植に適切な時期、移植元における種子の生産量、移植先における発芽に関わる要因などを十分に検討する必要がある。なお、移植元区の下草刈りによる種組成への影響はみられず、刈草移植が移植元へ負の影響を及ぼすものではないことが確かめられた。

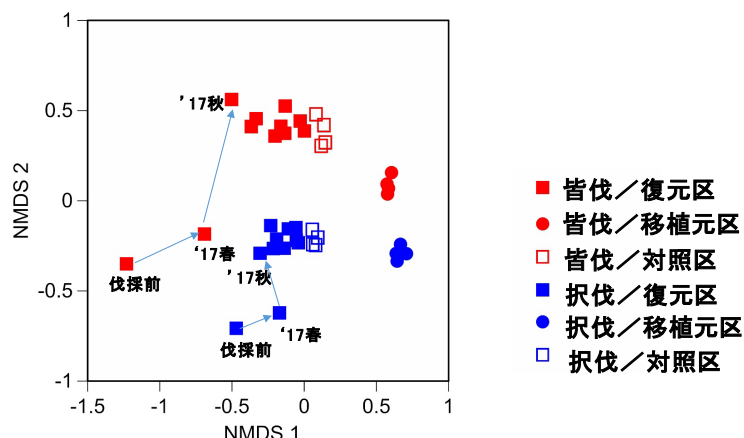


図1. 更新伐採と刈草移植による林床の種組成の変化

(3) 浅間山公園でのムサシノキスゲの分布と林床管理および土壌理化学性との関係

①目的

都立浅間山公園は、東京都レッドリストで絶滅危惧Ⅱ類(VU)とされるムサシノキスゲの唯一の自生地であるが、2014年の調査では3200株にまで減少している。ムサシノキスゲは明るい場所を好むとされるが、北西向き斜面に偏って分布しており、光条件以外も影響していると推察される。ムサシノキスゲの分布に影響を及ぼす要因として、林床管理と土壌の理化学性に着目し、これらの関係を調査した。

②方法

浅間山公園内で、ムサシノキスゲ生育地の調査区A(道路沿・下草多)、調査区D(下草多)、調査区F(皆伐地・下草少)、非生育地の調査区B(下草無)、調査区C(択伐地・下草少)、調査区E(下草多)において土壌調査を実施した。

③結果と考察

樹冠開空度50%以上の林床の明るい環境がムサシノキスゲの生育に適していることが改めて確認された。ムサシノキスゲの生育地と非生育地の間で、土壌理化学性に顕著で明瞭な差は認められなかったが、液相率の平均値は生育地で非生育地よりも高かった。林床の光環境の改善と萌芽更新のために皆伐した調査区Fでは、有効態PやC・N含有量などが低く、表層土の浸食などの影響が示唆された。すなわち皆伐地では、液相率が高く保たれているものの土壌侵食とともに陽光によって季節的に乾燥しやすい環境にあり、ムサシノキスゲ保護のため下草をあまり過剰に刈りだすのは逆効果となる可能性が示唆された。今後、択伐などで樹冠開空度50%程度を維

持しつつ、土壌侵食や林床を乾燥させない管理を検討する必要があると考えられる。

(4) 雑木林管理およびナラ枯れがコナラの菌根菌感染率に与える影響

①目的

雑木林の主要樹種であるコナラは、外生菌根菌 (ECM) とアーバスキュラー菌根菌 (AM) のいずれとも共生関係を築く。雑木林の管理の違いによる土壌の理化学性の変化、下層植生の違い、ナラ枯れ病による宿主の樹勢低下は菌根菌感染率や ECM、AM の分布に影響を与える可能性があり、菌根菌相の変化は、やがて樹木の生育や下層植生の種組成にも影響を及ぼすと考えられる。そこで、管理の違いやナラ枯れ病への感染が、コナラの菌根菌相にどのような影響を与えているかを明らかにすることを目的とした。

②方法

浅間山公園の雑木林区、皆伐区、択伐区において、健全かつ互いに 10m 以上離れたコナラを 3 本ずつ調査木として選定した。択伐区においては健全木とは別に、ナラ枯れを起こした調査木として、カシノナガキクイムシの侵入跡が見られるものの葉が緑色で枯死していないコナラを 3 本選定した。これらの試験区およびコナラにおいて菌根菌感染率と土壌調査を実施した。

③結果と考察

皆伐及び萌芽更新により、ECM に対して AM の感染がより優位になるといった菌根菌相の変化が示唆された。萌芽更新にともなう根の更新と近隣樹木からの ECM 感染は、樹間距離に影響を受けると考えられたが、さらに多様な樹間距離や皆伐採前後での調査などの検証が必要である。また、カシノナガキクイムシ穿入生存木では、ECM、AM ともに感染率が未被害木よりも約 10% 低く、樹勢の低下や病害抵抗性に菌根菌感染率の指標性が見出せる可能性が示唆された。今後、ナラ枯れ発生前後の林分の菌根菌感染率を調査し、ナラ枯れへの抵抗性に菌根菌感染が有効であるかを明らかにする必要がある。

表-1. 菌根菌感染率, ECM/AM 比

	対照区	択伐区		皆伐更新区
		未被害	穿入生存	
ECM感染率平均(%)	29.8	28.6	* 23.3	21.2
標準偏差	±5.0	±4.7	±4.2	±10
AM感染率平均(%)	38.5	40.1	29.3	49.9
標準偏差	±9.4	±15.5	±7.5	±8.1
ECM/AM平均	ab 0.793	a 0.853	0.849	b 0.428
標準偏差	±0.312	±0.443	±0.236	±0.202

注) 表中のアルファベットは健全個体間での比較において Tukey-Kramer検定 ($p < 0.05$) に基づく有意差を示す。表中の * は択伐区の未被害木と穿入生存木における t 検定の結果有意水準 5% を下回ったことを示す。

(5) ハリエンジュの葉および根のポリフェノールに及ぼす生育環境の影響

①目的

ハリエンジュが河川敷等で拡大を見せる要因の一つにアレロパシー作用がある。光合成の二次代謝産物として生産されるポリフェノール類 (以下 PP) は、発芽の抑制や初期成長を阻害するとされている。既存の植生にハリエンジュが侵入した場合、そのアレロパシー作用が周囲に与える影響を評価するための情報は、植生管理のうえで重要である。そこで、ハリエンジュの葉やそのリターおよび根に含まれるポリフェノールについて、その立地や生育状態との関係を明らかにすることを目的として調査を行った。

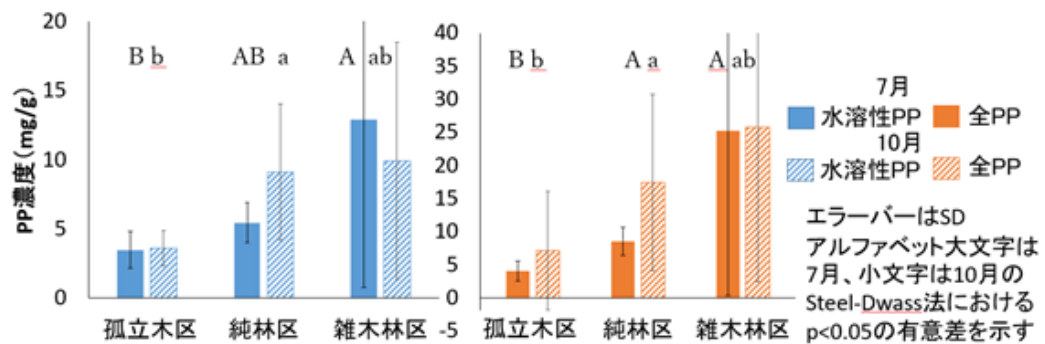
②方法

東京都あきる野市の多摩川河川敷において、ハリエンジュの生育状態に応じ孤立木区、純林区、雑木林区を設置し、ハリエンジュの葉、根、リターを採取して水溶性 PP および全 PP 濃度を測定した。また、環境要因として光合成速度や植物体および土壌化学性なども測定した。

③結果と考察

孤立木区では、光合成生産物が多い分 PP 濃度が高いリターが土壌に供給される一方、根は他種と競争が少ないため PP 濃度が低かった。孤立木区では、リターからの PP 供給で他種の侵入がしにくい地表となると考えられた。純林区では、他種との競争ストレスが少ないため、1 本あたりの PP 供給量は少なく、同種へのアレロパシー作用をある程度抑制することにつながっていると考えられた。雑木林区では、他種との競争がハリエンジュにとってのストレスとなり、葉根ともに PP を多く生産していた。ハリエンジュ周辺の土壌に多くの PP を供給し他種のさらなる侵入を抑制していると考えられた。

表 2. ハリエンジュの根のポリフェノール濃度



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Akwası Dwira Mensah, Hiroto Toda, Sonoko Dorothea Bellingrath-Kimura, Hiroaki kato & Dongsu Choi	4. 巻 12(8)
2. 論文標題 The Distribution and Migration of 137Cs in Oak (Quercus serrata) and Cedar (Cryptomeria japonica) Forest Organic Fractions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 1045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/f12081045	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 宇佐美広祐・戸田浩人・崔東寿	4. 巻 73
2. 論文標題 ウリハダカエデの樹液糖度に及ぼす土壌と葉の養分の影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 関東森林研究	6. 最初と最後の頁 85-88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 林寛紀・戸田浩人・崔東寿	4. 巻 73
2. 論文標題 雑木林管理およびナラ枯れがコナラの菌根菌感染率に与える影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 関東森林研究	6. 最初と最後の頁 157-158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 戸田浩人・東川侑生・崔東寿	4. 巻 73
2. 論文標題 アカマツ・ヒノキ・スギの根のポリフェノールと森林土壌との関係	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 関東森林研究	6. 最初と最後の頁 161-162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 加藤優空・戸田浩人・崔東寿	4. 巻 73
2. 論文標題 車道由来の浮遊粒子状物質が都市緑地と樹木幹への重金属蓄積に及ぼす影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 関東森林研究	6. 最初と最後の頁 163-164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Choi Dongsu, Jang Woongsoon, Toda Hiroto, Yoshikawa Masato	4. 巻 12
2. 論文標題 Differences in Characteristics of Photosynthesis and Nitrogen Utilization in Leaves of the Black Locust (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.) According to Leaf Position	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 348 ~ 348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/f12030348	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 林寛紀・戸田浩人・崔東寿
2. 発表標題 ハリエンジュの葉および根のポリフェノール濃度に及ぼす生育環境の影響
3. 学会等名 第134回日本森林学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉川正人・飯島諭・向井雄紀・永未るな・大槻薫平
2. 発表標題 管理停止されたコナラ二次林の管理停止後の林床植生変化と群落移植による復元の試み
3. 学会等名 植生学会第27回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永未るな・吉川正人
2. 発表標題 風倒跡地の若齢二次林におけるつる植物のとりつき状況と樹木の生育への影響について
3. 学会等名 植生学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宇佐美広祐・戸田浩人・崔東寿
2. 発表標題 ウリハダカエデの樹液糖度に及ぼす土壌と葉の養分の影響
3. 学会等名 第11回関東森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林寛紀・戸田浩人・崔東寿
2. 発表標題 雑木林管理およびナラ枯れがコナラの菌根菌感染率に与える影響
3. 学会等名 第11回関東森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 戸田浩人・東川侑生・崔東寿
2. 発表標題 アカマツ・ヒノキ・スギの根のポリフェノールと森林土壌との関係
3. 学会等名 第11回関東森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤優空・戸田浩人・崔東寿
2. 発表標題 車道由来の浮遊粒子状物質が都市緑地と樹木幹への重金属蓄積に及ぼす影響
3. 学会等名 第11回関東森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢作和樹・戸田浩人・崔東寿
2. 発表標題 東京港野鳥公園の常緑広葉樹萌芽における葉のポリフェノール濃度
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中真子・戸田浩人・崔東寿
2. 発表標題 北関東の異なる立地条件における落葉広葉樹の根と葉のポリフェノール含有量
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉川正人, 飯島諭
2. 発表標題 高齢化したコナラ林の高伐り後3年間の萌芽枝の発生と成長
3. 学会等名 日本森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋歩, 吉川正人
2. 発表標題 落葉二次林に生育するスゲ属10種の生育環境の違い: 府中市浅間山の例
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中真子, 戸田浩人, 崔東寿
2. 発表標題 針葉樹人工林斜面における広葉樹の埋土種子および実生の分布
3. 学会等名 関東森林学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢作和樹, 戸田浩人, 崔東寿
2. 発表標題 土壌養分とECM・AM菌の共生がコナラ苗の成長に与える影響
3. 学会等名 関東森林学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塚谷奈古, 戸田浩人, 崔東寿
2. 発表標題 森林立地によるコナラの菌根菌感染率の変動と土壌養分
3. 学会等名 関東森林学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

代表者は都立浅間山公園を市民協働で管理するための組織である「浅間山を考える会」にアドバイザーとして参加（年3-4回）し、本研究の成果にもとづいて植生管理の実施について専門的立場から助言を行った。

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	戸田 浩人 (TODA Hiroto) (00237091)	東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授 (12605)	
研究分担者	崔 東壽 (CHOI Dongsu) (20451982)	東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授 (12605)	
研究分担者	星野 義延 (HOSHINO Yoshinobu) (00143636)	東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授 (12605)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------