

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19310149

研究課題名(和文) 島嶼生態系での森林孤立化の履歴が亜熱帯林の種および遺伝的多様性に及ぼす影響評価

研究課題名(英文) The effect of forest fragmentation history on species and genetic diversity in a subtropical island ecosystem.

研究代表者

米田 健 (YONEDA TSUYOSHI)

鹿児島大学・農学部・教授

研究者番号：40110796

研究成果の概要(和文)：絶滅危惧種が多く存在する徳之島を島嶼生態系のモデルと捉え、土地利用の進行にともない発生する森林の孤立化が地域および島の多様性に及ぼす影響を明らかにした。今回調査を行った比較的発達した森林の残る孤立化林分では、種多様性や遺伝的多様性の顕著な劣化は認められなかったが、更新過程や遺伝子流動など孤立化の影響が顕在化しつつあることが確認された。生物多様性保全のために、今後は残存する林分を保護するとともに、周辺の劣化した森林を再生するなど、適切な森林管理が必要となるだろう。

研究成果の概要(英文)：We conducted a case study aimed to reveal the effect of forest fragmentation history on species and genetic diversity in subtropical island ecosystem in Tokunoshima island. In this stage, we could not find the clear evidences of severe biodiversity loss in studied forests. However we found slight symptom of effects of forest fragmentation on regeneration process and gene flow process in some isolated forests. Conservation of remaining forests and rehabilitation of surrounding degraded forests should be needed to protect biodiversity.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度			
2007年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2008年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2009年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2010年度	2,800,000	840,000	3,640,000
総計	13,600,000	4,080,000	17,680,000

研究分野：複合新領域

細目：資源保全学・資源保全学

キーワード：(1)島嶼生態系 (2)種多様性 (3)遺伝的多様性 (4)マイクロサテライトマーカー (5)亜熱帯林 (6)孤立化 (7)徳之島 (8)森林動態

## 1. 研究開始当初の背景

自然環境が急速に後退する現在、種および遺伝的多様性の保護・保全は、生物資源の確保・生態系機能の維持の観点から人々が直面

している緊急課題の一つである(国連環境開発会議、1992)。森林の開発は、森林面積の減少とともに、森林の分断・孤立化を通じて多様性に影響を及ぼす。すなわち、孤立化は、ハビタットの減少・単純化、林縁の増大によ

る環境変化、個体群サイズの減少、近交弱性や受粉者消失による有性繁殖力の低下などにより、多様性に対し直接・間接的な影響を与え、また地域的な絶滅の確率を高めることになる。森林孤立化の影響評価とそのメカニズムの解明は、保全生態学の主要課題の一つとなっている。

ハビタットの孤立性と種多様性の関係は、島嶼生態系の多様性評価の観点から、生態学の研究課題の一つとして従来から多くの研究が報告されてきたが (MacArthur & Wilson, 1967; Heaney, 1984; Ikehara, 1976)、近年では保全生態学的観点からの研究が活発に進められている。孤立化が急速に進行するブラジルの熱帯雨林において、その影響評価を目的とした大掛りな操作実験も進められ (Lovejoy et al., 1986)、また国内においては、人工林の拡大等による土地利用の変化により孤立化した天然林の群集・個体群構造や遺伝的多様性に関する研究が行われている。

生物相や環境は地域的な固有性が高いため、孤立化の影響は地域間で異なることが予想される。そのため保全には、多様な生態系での情報が必要となるが、研究事例はまだごくわずかである。本研究は、多くの固有種が分布する南西諸島における事例研究として位置づけている。孤立化にともなう環境と多様性の時空的変動性を島レベルで評価する研究成果は、保全生態学の新たな知見として貢献できる。

これまで研究代表者らは、日本生命研究助成による研究「奄美地方における亜熱帯成熟林の構造と機能—生態系修復のためのモデル林の実態把握」において、徳之島の三京地域にオキナワウラジロガシを識別種とした発達した亜熱帯林が存在し、絶滅危惧種を含む多様な種群が分布していることを確認した。種構成は地形により異なり、オキナワウラジロガシは台風による攪乱頻度の低く湿潤な場所に分布し、攪乱頻度の高い所ではほとんど更新せず、スダジイ群集が成立する傾向を明らかにした。これらの観測結果から、オキナワウラジロガシ群集は攪乱圧に対して脆弱であることが示唆された。

徳之島には絶滅危惧種Ⅰ類が43種、Ⅱ類が35種分布している (環境庁データブック2000)。それらの種群の島内からの消失は、種の絶滅・分布域の変更につながる深刻な問題である。徳之島の平原は江戸中期以降にサトウキビ畑を中心とした開墾が進み (坂井、1917)、残された山間域の森林は、戦後の開墾や製炭により成熟林が後退し、1960年代に

はリュウキュウマツの造林事業で孤立化が一層進行した。このように、現存する亜熱帯林の孤立化の履歴は島内でも地域により大きく異なる。

孤立化という人為攪乱が、徳之島に残存するオキナワウラジロガシ群集の種多様性に大きな影響を与えていることが予想できる。希少種・固有種が多数生育する徳之島での孤立化の影響評価は、緊急性が高い保全活動にとっても不可欠な情報である。さらに、島嶼生態系における孤立化の履歴性を考慮した影響評価は、当該地の事例研究としてだけでなく保全生態学上にも新知見として貢献できると考え本申請研究を立案した。オキナワウラジロガシの樹冠は大きく特徴的であり、遠目からも存在が容易に確認できる。これらのことから、最新の画像情報を持ちいれは島内の分布実態が読み取れると判断し、リモートセンシング技術を組み込んだ本研究計画を作成した。

## 2. 研究の目的

本研究は、絶滅危惧種が多く存在する徳之島を島嶼生態系のモデルと捉え、土地利用の進行にともない発生する森林の孤立化が地域および島の多様性に及ぼす影響を解明することを目的としている。具体的には、オキナワウラジロガシを指標種とする亜熱帯林を研究対象として、以下のことを目的とする。(1) 孤立化していない状態での種および遺伝的多様性の空間的変動とその更新力を、発達した亜熱帯林が大面積に残存する三京地区の森林を対象として評価する。(2) 多様な孤立林について多様性の空間的変動性を現地調査により明らかにする。(3) 画像情報から得た孤立化の現状と履歴性を主要因として多様性との関連性を解明する。(4) (3)で得た解析結果とGIS化した関連情報に基づき、地域および島の多様性の経年変化を明らかにする。

## 3. 研究の方法

### (1) 孤立化履歴の評価

①衛星写真を用いた土地被覆分類と稀少樹種の抽出

土地被覆分類には、人工衛星ALOSに搭載されているAVNIR-2センサとPRISMセンサのデータおよびLandsat-5/TMデータを用いた。解析に使用したALOSのデータは(27.85N, 129.10E)を中心とする徳之島であり、撮影日は2006年10月10日、2006年11月25日と2007年08月28日である。またLandsat-5/TMについて

は、1988年4月18日および2000年11月26日である。

稀少樹種の抽出に向けての現地調査を2007年3月7-10日、2007年10月19-21日、2008年2月26-29日、2008年3月3-9日と2008年10月14-16日の5回にかけて行った。現地において分光反射特性の測定を、生育状態での群落と摘採した葉について行った。測定には携帯分光放射計(EK-1、(株)エルム：測定波長領域；400nm~1,000nm、視野角；4度、波長分解能；3nm)を用いて試料と標準白色板の分光反射エネルギーを測定した。

#### ②空中写真を用いたオキナワウラジロガシ林分の抽出と抽出精度の検討

オキナワウラジロガシの判定には、鹿児島県土木部砂防課により整備されたデジタルオルソ画像(2001,2002年撮影)を用いた。先行研究により個体位置が判明している三京地区の4haプロットでの画像情報に基づき、標高、樹冠の大きさなどからオキナワウラジロガシの抽出を行った。また島内の複数地域において作成した分布図からランダムサンプルして推定精度を現地踏査により確認した。

#### ③オキナワウラジロガシの分布実態の把握

現存の分布図をもとに、その分布パターンが現在に至るまでの経緯を過去の空中写真や森林管理簿を用いて明らかにした。また毎木調査における生育地情報や地形解析の結果からオキナワウラジロガシの潜在的な分布域の推定を行った。

### (2) 林分構造と更新力の評価

#### ①成熟林分と孤立化林分における森林構造と更新力の評価

成熟した林分における森林構造と更新力の評価のため、2002年以来、毎木調査を続けている三京地区の4haの継続調査区において調査を行った。調査対象はオキナワウラジロガシと数種の主要種については、実生・稚樹を含む全個体とし、それ以外は胸高直径4cm以上を対象とした。また小径サイズの本木および草本・羊歯植物は出現種名を記録した。生育環境評価のため、斜面の凹凸度、傾斜角、土壌含水率、Ao層リター集積量などの地形・土壌環境特性と光環境の観測を行った。

更新力の評価に関しては、継続観測区における毎木調査をH19年秋とH22年秋の2回実施した。また主要林冠木600個体については既設デンドロメータによる観測を調査期間中毎年実施した。

孤立化した林分における森林構造と更新力の評価については、徳之島内のオキナワウ

ラジロガシ大径木が生育する地域において、森林の分断化が植生に与える影響を評価するため、オキナワウラジロガシ林の面積と攪乱の指標として林縁からの距離をパラメータとして異なる5地域を選定した。選定された5地域に、20m×20mのプロットをそれぞれ5つ2007年5-7月に設置し、種構成と出現頻度の評価を目的とした毎木調査(胸高直径の測定)を行った。またオキナワウラジロガシについては、実生を含む全個体を対象に毎木調査を行い、オキナワウラジロガシの更新特性を明らかにした。各調査区における生育環境を明らかにするため開空度、土壌水分、土壌pH、傾斜角を測定した。

#### ②主要優占樹種の繁殖力の年次変動性の解明

主要優占樹種の個体当たりの種子生産量の観測を行うため、三京地区のオキナワウラジロガシ優占林分と伊仙町義名山のアマミアラカシ優占林分において、シードトラップによる種子の採取を行った。胸高直径が異なるオキナワウラジロガシ12個体およびアマミアラカシ9個体を選び、各個体の樹冠下の林床に4~10個の種子トラップを設置した。種子落下期間中は約1~4週間間隔で収集し、各トラップの個体からの距離と種子落下量から個体の種子生産総量を推定した。調査はH19~H22の4年間行った。

### (3) 多様性の評価

#### ①群落の種多様性の評価

三京地区および孤立林の調査区で得られたデータから、生活型ごとの種多様性を評価した。また成熟林では、下層植生やツル植生などの空間的変動性に着目して評価を行った。

#### ②遺伝的多様性の評価

遺伝的多様性の評価を行うために、オキナワウラジロガシのマイクロサテライトマーカーの開発を行った。また各調査区に出現するオキナワウラジロガシの葉を採取し、マイクロサテライトの解析を行った。また繁殖個体から種子を数十ずつ採種し、マイクロサテライトの解析を行った。得られた結果から、種子と繁殖個体など各生育段階でのヘテロ接合度、対立遺伝子数などを算出し、孤立化の影響がどのステージで起こるのかを明らかにした。また種子の遺伝解析の結果から、花粉散布距離や自殖率など遺伝子流動に関わるパラメータを推定した。

#### ③アリ相の種多様性の評価

徳之島全島でのアリ相の分布実態の把握を行った。また様々な植生・土地利用下でのアリ相の調査を、一般道路や林道を利用して

島内で広域的に行った。

#### ④動物層の種多様性の評価

赤外線モーションセンサー搭載カメラを用いて、三京地区および孤立化林分の動物層の把握を行った。またオキナワウラジロガシ堅果の持ち去り実験を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 孤立化履歴の評価

##### ①衛星写真を用いた土地被覆分類と稀少樹種の抽出

ALOSに搭載されているAVNIR-2センサとPRISMセンサおよびLandsat-5/TMデータを用いて土地被覆分類を行った。入手出来たALOSデータが、雲のため、全域を解析出来なかったが、解析可能な部分に関してみると、過去20年間において森林面積が減少し、農地が増加する傾向が見られた (Ishiguro et al. 2007)。

稀少樹種の抽出については、分光反射特性曲線は樹種によりわずかに異なったが、種々の指標を検討しても樹種を抽出するには至らなかった。しかし新葉と旧葉では、分光反射特性曲線に差異が認められたが、オキナワウラジロガシとスダジイの新葉にはほとんど差異を認められなかった。オキナワウラジロガシとスダジイの新葉の展開時期が異なることを利用すると、オキナワウラジロガシの抽出が可能となることが示唆された (高松他 2009)。しかし調査期間中において、オキナワウラジロガシの新葉が展開する3月上旬のALOSの衛星画像が雲のため解析可能なデータを得ることが出来なかった。

##### ②空中写真を用いたオキナワウラジロガシ林分の抽出と抽出精度の検討

三京地区の4haプロットの空中写真の歪の少ないエリアを対象に樹冠の抽出を行った。オキナワウラジロガシの樹冠は大きい個体ではクラスター構造が顕著であり、表面に細かい凹凸があるのが特徴であった。また大きな個体では樹冠の中央に隙間があるものもいくつか見られたため、一個体の樹冠であるのか複数の小さな個体の樹冠であるのか判別が困難なため、いくつかの個体では現地踏査で確認作業を行った。オキナワウラジロガシの樹冠の色は、空中写真の光のあたり方によって差が見られたが、白緑色から深緑色であり、他の樹種とはやや異なった。三京プロット内の毎木調査のデータを用いて樹冠を抽出したところ、シイは黄緑で表面がなめらかな樹冠であると判断され、その他にもヤマモモとホルトノキは樹冠を色や形状からおおむね特定できたがそれ以外の14種は特

定には至らなかった。抜き出した樹冠数は、オキナワウラジロガシ245個体、その他540個体であった。三京プロットで行われた毎木調査の結果からオキナワウラジロガシ233個体、その他537個体であり、オキナワウラジロガシではやや差が見られるもののその他の樹種ではほぼ一致した。

##### ③オキナワウラジロガシの分布実態の把握

オキナワウラジロガシは谷部に分布する傾向があり (西, 2006)、オキナワウラジロガシ大径木の存在を条件とした本研究地域はいずれも2006年度の国有林簿において60年生以上の林齢であったことから、本研究においては60年生以上の森林内の谷部をオキナワウラジロガシの潜在的な生育地と定義し、GISを用いて林齢と地形情報から対象とした5地域におけるオキナワウラジロガシ林の分布面積を推定した。2006年度の国有林簿をもとに国有林内の60年生以上の森林を抽出するとともに、50mメッシュの標高データから落水線を作成し、落水線から直線距離20mの範囲 (谷地形の定義) を潜在的なオキナワウラジロガシの生育地域と仮定して抽出、国有林簿と地形データを重ね合わせ分布面積を抽出した。

#### (2) 林分構造と更新力の評価

##### ①成熟林分と孤立化林分における森林構造と更新力の評価

オキナワウラジロガシ成木におけるDBHのサイズ分布は、もともと孤立化した犬田布地域を除き、逆J字型分布を示したことから、成木においては安定して更新していると考えられた。

また幼樹における樹高のサイズ分布は林縁区では全サイズ分布していたのに対し、林内区では不連続に分布していたことから、林縁区の環境はオキナワウラジロガシ幼樹の生育に対して有利に働いたと考えられる。幼樹における樹高のサイズ分布において、樹高クラスの低い実生は、大面積の成熟林において個体数が大きかったことから、分断化された孤立化林では種子生産や実生初期の定着が悪いと考えられた。

##### ②主要優占樹種の繁殖力の年次変動性の解明

過去4年間の解析結果より、アマミアラカシでは緩やかな年次変動はあるものの毎年種子生産がみられたのに対し、オキナワウラジロガシで種子生産がみられたのは2009年だけであり、両者の種子生産特性に大きな違いがあることが明らかとなった。

#### (3) 多様性の評価

##### ①群落の種多様性の評価

各プロットにおける総出現種数は69種であった。平均出現種数は $20 \pm 4$ 種であり、種数の中央値は、林内区に比べ林縁区において大きかった。多様性指数の平均値は $3.6 \pm 0.39$ であり、中央値は種数同様に林内区に比べ、林縁区において大きかった。

#### ② 遺伝的多様性の評価

オキナワウラジロガシの遺伝的多様性を評価するためにマイクロサテライトマーカーを開発した (Kawaji et al. 2009)。

主要樹種であるオキナワウラジロガシについて、孤立化履歴が異なる地域における遺伝的多様性や遺伝子流を明らかにする目的で葉および堅果の遺伝解析を行い、集団ごとの平均ヘテロ接合度、対立遺伝子数、固定指数 ( $F_{IS}$ ) などを算出した。その結果、孤立化林分においても、比較的高い遺伝的多様性が保持されていることが明らかとなった。繁殖個体が定着した段階では、孤立化が起こっていなかったために、繁殖個体集団の遺伝的多様性が高かったのではないかと考えられる。

堅果の遺伝解析から、自殖率、花粉散布距離を推定した。その結果、調査区の3集団は現在のところ同じ程度の遺伝的多様性を保持しているが、孤立化の進んだ集団では種子散布や花粉散布がやや活発でない傾向が見られた。またオキナワウラジロガシの遺伝子流動は種子散布による移動よりも花粉流動の寄与が大きく、また集団面積の縮小や林縁効果を受けた集団では、自殖率が増加する可能性が示唆された。

#### ③ アリ相の種多様性の評価

林床にある直径10cm以上の朽木40サンプルから、合計16種が得られた。また別の年度に行った調査では、地上枯枝からは6種、土壌から10種が得られた。本調査地では朽木がもっとも多く多くの種によって営巣場所として利用されていることが明らかとなった。

#### ④ 動物層の種多様性の評価

赤外線センサー付きデジタルカメラで撮影された写真は三京地区で25枚、うち動物が写っていたのは10枚で、リュウキュウイノシシが6枚、シロハラが4枚であった。孤立化林で撮影された写真は21枚、うち動物が写っていたのは3枚のみで、全てシロハラであった。

オキナワウラジロガシの堅果持ち去り実験の結果、オキナワウラジロガシの堅果消失数は、他の森林で報告されている他種の堅果消失数に比べ著しく低いことが明らかとなった。特に孤立化した林分では低い値を示した。

#### (4) まとめ

本研究は、絶滅危惧種が多く存在する徳之島を島嶼生態系のモデルと捉え、土地利用の進行にともない発生する森林の孤立化が地域および島の多様性に及ぼす影響を明らかにした。今回調査を行った比較的発達した森林の残る孤立化林分では、種多様性や遺伝的多様性の顕著な劣化は認められなかったが、更新過程や遺伝子流動など孤立化の影響が顕在化しつつあることが確認された。生物多様性保全のために、今後は残存する林分を保護するとともに、周辺の劣化した森林を再生するなど、適切な森林管理が必要となるだろう。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計11件)

(1) Yoneda, T., Nishimura, S., Fujii, S., Mukhtar, E. (2009) Tree guild composition of a hill dipterocarp forest in West Sumatra, Indonesia. *Tropics* 18:143-154.

(査読有)

(2) Kawaji, M., Kaneko, S., Tateno, R., Isagi, Y., Yoneda, T. (2009) Development of microsatellite markers for *Quercus miyagii* Koidz. (Fagaceae), an endemic species in Southwestern Islands, Japan. *Conservation Genetics* 10:1049-1051. (査読有)

(3) Yamane, Sk. and Maeda, Y. (2008) *Vespula shidai amamiana* (Hymenoptera, Vespidae): Perennial colonies and polygyny in subtropical Japan. *Biogeography* 10:73-77.

(査読有)

(4) Yamane, Sk., Bui, V.T. and Eguchi, E. (2008) *Opamyrra hungvuong*, a new genus and species of ant related to *Apomyrra* (Hymenoptera: Formicidae: Amblyoponinae). *Zootaxa* 1767:55-63. (査読有)

(5) 石川 大太郎・高松 尚仁・根木原 真二・館野 隆之輔・米田 健・石黒 悦爾 (2008) 高分解能衛星データを用いた徳之島における稀少樹種の抽出について. *Kyushu J. Agric. Meteorol.* II

(17):101-104. (査読有)

(6) Isagi, Y., Saito, D., Kawaguchi, H., Tateno, R., Watanabe, S. (2007) Effective pollen dispersal is enhanced by the genetic structure of an *Aesculus turbinata* population. *Journal of Ecology* 95:983-990.

(査読有)

(7) Isagi Y., Tateno R., Matsuki Y., Hirao A., Watanabe S., Shibata M. (2007) Genetic and reproductive consequences of forest

fragmentation for populations of *Magnolia obovata*. Ecological Research 22:382-389.

(査読有)

[学会発表] (計13件)

(1)川路まり・兼子伸吾・舘野隆之輔・井鷲裕司・米田健 遺伝マーカーを用いたオキナワウラジロガシの種子・花粉散布パターンの推定 第122回 森林学会大会 2011.3.26. 静岡

(2)舘野隆之輔, 川路 まり, 北岡 和彦, 西 修平, 慶田 祥子, 米田 健, 水永 博己 徳之島亜熱帯林における窒素循環の斜面位置による違い 第121回 森林学会大会 2010.4.4. 筑波

(3)平山大輔, 香山雅純, 舘野隆之輔, 川路ま, 北岡和彦, 米田健 奄美群島徳之島におけるオキナワウラジロガシとアマミアラカシの堅果生産量の3年間の変動 第57回日本生態学会大会 2010.3.16. 東京

(4)川路まり, 兼子伸吾, 舘野隆之輔, 井鷲裕司, 米田健 生育地の地形がオキナワウラジロガシ集団の遺伝構造におよぼす影響 第57回日本生態学会大会 2010.3.16. 東京

(5)高松 尚仁・根木原 真二・石川 大太郎・石黒悦爾 高分解能衛星ALOSを用いた徳之島における稀少樹種の抽出法について 鹿児島リモートセンシング研究会 2009.2.25 鹿児島

(6)川路 まり, 北岡 和彦, 千年原 薫, 舘野隆之輔, 米田健, 水永 博己 徳之島亜熱帯林におけるオキナワウラジロガシの生育地特性の評価 第120回 森林学会大会 2009.3.28. 京都

(7)井上裕司, 米田健, 舘野隆之輔 徳之島亜熱帯林におけるオキナワウラジロガシ実生の成長特性 第64回 日本森林学会九州支部研究発表会 2008.11.22. 大分

(8)赤峰匠, 米田健, 舘野隆之輔, 西修平, 水永博己 徳之島亜熱帯林構成種の肥大成長特性 第64回 日本森林学会九州支部研究発表会 2008.11.22. 大分

(9)平山大輔・香山雅純・舘野隆之輔・川路まり・北岡和彦・米田健 徳之島三京地区天然林におけるオキナワウラジロガシの堅果生産 日本生態学会 2008.3.17. 福岡

(10)北岡和彦・舘野隆之輔・米田健 森林の分断化が徳之島亜熱帯林におけるオキナワウラジロガシの個体群構造に与える影響 日本生態学会 2008.3.15. 福岡

(11) ISHIGURO E., ISHIKAWA D., YONEDA T., and TATENO R Extraction of some preserved subtropical forest communities in Tokunoshima Island with satellite images for sustainable land-management of an island ecosystem. The First Joint PI Symposium of ALOS Data Nodes for ALOS Science Program 2007.11.19. Kyoto

(12)石黒悦爾・高松 尚仁・石川 大太郎・関岡信一・舘野隆之輔・北岡 和彦・米田健 ALOS等の衛星画像データによる徳之島の植生変動に関する解析: 希少森林群落の抽出方法 日本気象学会九州支部会 2007.11.30. 鹿児島

(13)北岡和彦・舘野隆之輔・米田健 環境要因からみた徳之島亜熱帯林構成種の分布様式 日本熱帯生態学会 2007.6.17. 高知

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

米田 健 (YONEDA TSUYOSHI)  
鹿児島大学・農学部・教授  
研究者番号: 40110796

### (2) 研究分担者

舘野隆之輔 (TATENO RYUNOSUKE)  
鹿児島大学・農学部・准教授  
研究者番号: 60390712  
石黒悦爾 (ISHIGURO ETSUJI)  
鹿児島大学・農学部・教授  
研究者番号: 00041658  
鈴木 英治 (SUZUKI EIJI)  
鹿児島大学・理工学研究科・教授  
研究者番号: 10128431  
山根 正氣 (YAMANE SEIKI)  
鹿児島大学・理工学研究科・教授  
研究者番号: 30145453

### (3) 連携研究者

井鷲裕司 (ISAGI YUJI)  
京都大学・農学研究科・教授  
研究者番号: 50325130  
水永博己 (MIZUNAGA HIROMI)  
静岡大学・農学部・教授  
研究者番号: 20291552  
平山大輔 (HIRAYAMA DAISUKE)  
三重大学・教育学部・准教授  
研究者番号: 00448755