

科学研究費補助金研究成果報告書

平成24年 5月25日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008年度～2010年度

課題番号：20380091

研究課題名(和文) 持続的森林管理のための溪畔林再生手法の開発

研究課題名(英文) Restoration of riparian forests for sustainable forest managements

研究代表者

伊藤 哲 (ITO SATOSHI)

宮崎大学・農学部・教授

研究者番号：00231150

研究成果の概要(和文)：持続的森林管理に必要とされる溪畔林の再生手法を3つの点から開発した。まず、集水域の地形解析および現存する溪畔林の分布解析に基づき、分断化された溪畔林を効率よく再生するためのGISを援用した候補地選定手法を開発した。次に、間伐や地表処理による溪畔樹種の更新法を実験的手法により開発した。さらに、過去の土地利用履歴および人工林内の稚樹量に基づく更新予測手法を開発し、更新完了基準について提案した。

研究成果の概要(英文)：Methodology for restoration of riparian forests were proposed based on three aspects. A GIS-derived methodology for selection of restoration sites were developed taking into account the geomorphic features and degree of fragmentation of the remnant riparian forest within focal watershed. Management practices encouraging regeneration of riparian tree species were developed by field experiments. Prediction of regeneration and its criteria were proposed based on land-use history and seedling/sapling densities.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	5,900,000	1,770,000	7,670,000
2009年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
2010年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
年度			
年度			
総計	13,900,000	4,170,000	18,070,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：森林生態・保護・保全

1. 研究開始当初の背景

溪畔域は陸域と水域の接点として様々な生態的機能を持つことから、集水域の生態系の多様性や安定性において重要な役割を果たしている。しかし、林地生産力の高さゆえ選択的に人工林化されてきており、このことが集水域全体の森林ランドスケープの機能低下や下流域の環境悪化を引き起こしている。したがって、一律に人工林化されてきたわが国

の森林において、溪畔林の修復・再生は持続的森林管理を実現するうえで極めて重要である。

2. 研究の目的

本課題では、以下の3点を明らかにすることを目的とした。

(1) 流域の特性に応じた保全・再生対象域の選定手法の確立

(2) 流域・地形特性・林分状況ごとの適切な再生方法の提案

(3) 更新完了基準の提示

3. 研究の方法

(1) 集水域の特性解析に基づく溪畔林再生候補地の選定手法の開発

集水域内には、地形構造に対応して様々な植生タイプの溪畔林がモザイク状に分布する。本課題では、既設の天然生溪畔林試験地データを GIS 上で解析し、集水域内の溪畔林および溪畔性樹木の空間分布と地形構造との関係を明らかにすることにより、流域特性および個別の地形構造に対応した溪畔林ハビタットの分布を植生タイプ別に推定するモデルを構築し、目標林型と保全すべき溪畔域の横断幅を提示する。また、人工林化された集水域の地形および森林タイプの分布（人為的改変度合い）のオーバーレイ解析によって、生物多様性保全に着目した溪畔林再生の優先度を評価し、これに基づく候補地選定手法を開発する。

(2) 林分の特性に応じた再生手法（施業方法）の開発

地域区分ごとに、既設の再生試験地のモニタリングを行うとともに、植栽針葉樹の伐採方法・地表処理・前生樹の保残方法を組み合わせた溪畔林再生試験地を新たに設置し、地域・集水域・林分条件に応じた適切な再生手法の体系を構築する。

(3) 地域性を考慮した更新完了基準の設定

国内の天然林再生事例（一般の天然更新試験地を含む）を収集・検証し、本課題の試験地域の中・短期的な更新状況と比較することにより、溪畔林再生における更新完了基準を提示する。

4. 研究成果

(1) 流域の特性に応じた保全・再生対象域の選定手法の確立：

①【広域流域特性解析】地域に適した溪畔域抽出手法を開発するための予備的研究として、低解像度 DEM を用いた九州全体を対象とする広域の流域特性解析を行った。溪畔域抽出の対象地を含む3つのサンプル流域について小流域の次数別面積を集計したところ、高次の小流域面積割合が高いほど溪畔域の面積割合が高いという基礎情報を得た。

②【溪畔微地形抽出】北関東地域の阿武隈山地を対象に、人工林化の進んだ集水域において、微地形構造を解析し、回復すべき溪畔林の範囲を推定する手法を開発した。また、高解像度 DEM を用いた地形解析による溪畔域抽出手法について、九州山地および秩父山地の山岳渓流域と阿武隈山系の丘陵河川流域で地域間比較を行うことにより、溪畔域抽出手法の妥当性を検討した。

③【溪畔林分布傾向分析】九州の山地溪畔域を対象に地形および過去の人為攪乱が溪畔樹種の分布と分断化に及ぼす影響を景観生態学的手法で分析し、再生候補地選定手法開発のための基礎情報を整理した。④【再生候補地選定モデルの構築】九州の冷温帯および暖温帯の溪畔域において、溪畔林構成種の分布状況を広域で調査し、DEM を用いた地形解析結果および空中写真・地形図凡例判読による過去の土地利用の変化との関係进行分析した。これに基づいて、i)希少種のハビタットとなる溪畔域、ii)劣化の著しい溪畔域、および iii)連続性が大幅に絶たれている溪畔域を階層的に抽出することにより、再生の優先度を図化する手法を開発した。⑤【モデルの検証】構築したモデルをさらに発展させ、天然更新の可能性を考慮した候補地選定モデルを構築し、現地踏査によって検証した。

これら一連の成果によって、地形図、植生図、航空写真といった地図情報を総合的に解析し、対象地の流域特性に応じた溪畔林再生候補地を GIS 上で抽出する手法が開発できた。これらの成果は、溪畔林を対象とした自然再生はもとより、森林計画制度の中でも持続的な森林経営に資するゾーニングを行う上で極めて有効なツールになると期待される。

(2) 流域・地形特性・林分状況ごとの適切な再生方法の提案：

①【自然度の高い溪畔林の更新動態】溪畔林 LTER サイトにおけるモニタリング調査によって5年間の溪畔林の動態を把握し、本来の溪畔林の更新動態を解明した。サイト内でシオジとカツラはランダムに分布し、サワグルミはパッチ状に分布していた。シオジと種子生産に年変動が見られ、発芽サイトの選択性は低かったが、リターの多い立地では生残率が低かった。カツラは種子生産に豊凶は見られず、発芽は倒木上や無機質土壌に限られた。また、大規模土石流跡地の侵入植生を調べ、溪畔樹種の発芽・定着状況に及ぼす光環境・土壌環境を明らかにした。ケヤマハンノキとオノエヤナギが高木層を形成し、サワグルミとカツラが粒径の荒い基質上に成立して下層を構成していた。

②【冷温帯丘陵部における溪畔林再生手法】北関東の阿武隈山地南部地域の針葉樹人工林が優占する丘陵部集水域において、天然更新により河川周辺に、広葉樹を主体とする連続的溪畔林を再生するため、流路周辺の段丘部で伐採率を変えて誘導伐を実施し、その後の更新状況を調査した。誘導伐実施後5年を経過し、光環境を反映する形で、開放的な場所では先駆性樹種が急速に成長する一方、やや暗い場所では遷移後樹種が、大きな伸びは見られないものの確実に定着していた。伐採率 30%以下では林冠の再開鎖が

起こり、溪畔種の更新は困難と考えられた。

③【冷温帯山地溪畔林における溪畔林再生手法】 冷温帯山地帯溪畔域のスギ人工林において伐採強度の異なる施業（皆伐・60%間伐・30%間伐・巻き枯らし）及び地表処理を行い、植生の侵入に及ぼす効果を光・土壌環境から検証した。対象とした人工林の埋土種子集団は周辺の広葉樹二次林と類似していた。上木処理の翌年に発芽した実生の出現種数、発生個体数、生残個体数は無処理区や巻き枯らし区よりも皆伐区や間伐区で多い傾向があり、リターを除去したほうが発生個体数、出現種数ともに有意に多かったが、2年目以降はシカの食害によって著しく減少した。

④【暖温帯山地溪畔林における溪畔林再生手法】 宮崎県の暖温帯溪流において針葉樹人工林化された区間の植生を広葉樹二次林区間と比較することにより、人工林化のインパクトを評価した。また、人工林区間において伐採強度の異なる施業（小面積皆伐・70%誘導伐・30%誘導伐およびリター除去）の試験区を設け、広葉樹の天然更新動態を調査した。人工林の下層植生は微地形に対応した種組成の分化が認められたが、個々の微地形における種組成は広葉樹二次林と比べて変質しており、種多様性が低下していた。埋土種子組成は極めて貧弱であり、溪畔性の樹木種子はほとんど検出されなかった。伐採後1年目に成立した木本稚樹は伐採率30%では個体数が極めて少なかった。伐採率70%以上でも、温帯の事例に比べて木本の発生は極めて少なく、ほとんどが先駆種であった。リター除去処理を行った試験区では、夏緑林性の広葉樹の発芽・定着がわずかに認められた。溪畔種の種子散布は極めて少なく、母樹の欠落した一斉人工林では本来の溪畔種の天然更新が困難であることが示唆された。溪畔性のカシ類を用いた播種実験では、播種後1年間後に約30%が生残したが、2年目以降は天然更新樹とともにシカの食害で個体数が減少した。

⑤【溪畔林再生に伴う生態的機能の回復過程】 人工林の伐採による溪畔林再生を生態的機能面から評価するために、人工林区間の伐採前後の水生昆虫相の経時変化に調査し、広葉樹林区間と比較した。その結果、伐採前の人工林区間では広葉樹林区間に比較して水生昆虫の量および多様性はともに低いこと、伐採に伴って供給されたスギリターは、供給直後は水生昆虫相の改善につながらないものの、数ヶ月後にはシュレッターを増加させること、林冠疎開によって剥ぎ取り食タイプの水生昆虫が増加することなどを認め、人工林の伐採が水生昆虫相の修復に寄与することが示唆された。

⑥【溪畔林における落葉の分解過程の解

明】 水温と降水量が異なる春季および夏季に、イヌビワ、ホオノキ、アオキ、イチイガシおよびスギの落葉を対象にリターバックを用いた分解実験を行い、落葉の分解速度およびシュレッターの定着量との関係について比較検討した。その結果、5樹種のすべてにおいて重量減少過程は指数関数モデルに有意に適合しており、温暖で降水量の多い九州南部の溪流では、本州中部に比べて落葉の分解が早いことが実験的に示された。常緑広葉樹の落葉が落葉広葉樹のそれに比べて必ず分解速度が遅いわけではなく、分解速度は比葉面積に依存していた。また、リターの種類によって定着する水生生物群集にも違いがみられ、落葉広葉樹リターで水生生物群集の多様性が高かった。この結果は暖温帯の溪畔域に生育する落葉広葉樹が水生生物群集の多様性に寄与することを示していた。

これらの成果から、溪畔性の樹木の更新には強度の伐採が必要であること、周辺母樹の密度に応じて植栽等の導入が必要であることが示された。各地域性を考慮した溪畔林再生のための有効な施業方法を提示するものであり、今後実際の溪畔林再生事業における利用が期待される。

(3) 更新完了基準の提示

①【天然更新の可能性予測手法】 暖温帯における人工林伐採後の自然林再生の事例を収集分析し、基準設定に用いる地図情報の有効性を検証した。その結果、常緑広葉樹とくに堅果類については伐採後の種子移入による更新は極めて困難であり、人工林内の前生稚樹量が天然更新の可能性判断基準として重要であることを明らかにした。また、前生樹量の予測因子として人工林化以前の土地利用が有効であることを示した。さらに、DBH1cm以上の前生樹の60%が萌芽再生することを認めた。これらの結果を総合して、地図情報をGIS上で解析と、現地における前生樹量の精査を組み合わせた天然更新の可能性予測システムを開発した。

②【天然更新の完了基準の提案】 冷温帯における河川に隣接した成育段階の異なる様々な天然林、二次林、針葉樹人工林の群集組成、林分構造を解析する中で、更新完了基準の設定の考え方ならびに基準設定を整理した。従来の更新完了基準、即ち初期密度は、基本的には有用樹の木材生産を狙った育林体系に沿ったものであり、溪畔林再生など、主に森林の持つ生態学的機能に注目した森林の造成には馴染まない。そこで、更新樹の種組成や競争木（雑灌木）との競合状態を総合的に判定する手法として、個体樹高順位曲線と平均植生高を時系列的に示すことで、更新木の生残の指標とする方法を提案した。こ

の方法により、更新完了基準として設けた成立本数に達しているかどうか、雑灌木の被圧を乗り越えたとみられる更新木の本数、目標樹種の群落内での位置等を判定し、将来成立する溪畔林の構造を予想することが可能となった。

これらの成果により、溪畔林再生における天然更新可能性に応じた適切な施業の選択が可能になるとともに、一般の自然攪乱により形成される自然の溪畔林の修復・再生過程を想定した更新状況の判定が可能となり、実際の森林管理における溪畔林再生事業の実効可能性に大きく貢献すると期待される。

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 24 件)

- ①伊藤哲、光田靖、九州南部のスギ人工林下層における絶滅危惧種ハナガガシの出現傾向、景観生態学、査読あり、17(1)、2012、印刷中
- ②Ito, S., Marutani, T., Shimizu, O., Patch mosaic distribution of overstory vegetation in a riparian buffer strip along a meandering V-shaped valley of Oyabu creek, central Kyushu, southwestern Japan, Japanese Journal of Forest Environment, 査読有、2012、Vol. 54、印刷中
- ③Mitsuda, Y., Ito, S., A review of spatial explicit factors determining spatial distribution of land use/land use change, Landscape and Ecological Engineering, 査読有、2011、Vol. 7、117-125
- ④Kikuchi, S., Suzuki, W., Sashimura, N., Gene flow in an endangered willow *Salix hukaoana* (Salixaceae) in natural and fragmented riparian landscapes, Conservation Genetics, 査読有、Vol.12、2011、79-89
- ⑤ Yamashita, T., Ito, S., Ohtsuka, K., Phytosociology and environments of *Quercus hondae* forests in southeastern Kyushu, Japan: Comparison with *Q. glauca* and *Q. gilva* forests, Vegetation Science, 査読有、Vol. 27(2)、2010、63-72
- ⑥Sugahara, K., Setoguchi, H., Kaneko, Y., Ito, S., Yamanaka, K., Sakio, H., Hoshizaki, K., Suzuki, W., Yamanaka, N., Phylogeography of Japanese horse chestnut (*Aesculus turbinata*) in the Japanese Archipelago based on chloroplast DNA haplotypes, Journal of Plant Research, 査読有、2010、Vol. 124、75-83
- ⑦Kubo, M., Shimano, K., Sakio, H., Difference between sprouting traits of *Cercidiphyllum japonicum* and *C.*

magnificum, Journal of Forest Research, 査読有、Vol.12、2010、337-340

- ⑧川西基博、崎尾均、村上愛果、米林 伸、河川敷における洪水と草地への火入れがハリエンジュ (*Robinia pseudoacacia* L.) の種子発芽に及ぼす影響、保全生態学研究、査読有、Vol. 15、2010、231-240
 - ⑨山川博美、池淵光葉、伊藤哲、井藤宏香、平田令子、急傾斜地の照葉樹二次林における森林性ネズミによる堅果の散布、日本森林学会誌、査読有、Vol.92(3)、2010、175-161
 - ⑩Sato, T., Ito, S., Mitsuda, Y., Soen, N., Impacts of land-use history on the diversity of a riparian forest landscape in warm-temperate Kyushu, southern Japan, Landscape and Ecological Engineering, 査読有、Vol. 6、2010、89-98
 - ⑪Yamagawa, H., Ito, S. and Nakao, T., Restoration of semi-natural forest after clearcutting of conifer plantations in Japan, Landscape and Ecological Engineering, 査読有、Vol. 6、2010、109-117
 - ⑫宗円典久、伊藤哲、光田靖、九州山地の中山間地域における土地利用の変化とその要因、景観生態学、査読有、Vol. 14(2)、2009、129-183
 - ⑬Yamagawa, H., Ito, S., Nakao, T., Early establishment of broadleaved trees after logging of conifer plantations with different understory and logging treatments., Journal of Forest Research, 査読有、Vol. 13、2008、372-379
 - ⑭久保満佐子・川西基博・島野光司・崎尾均・大野啓一、秩父・大山沢溪畔林における埋土種子の種構成、日本森林学会誌、査読有、Vol. 90(2)、2008、121-124
 - ⑮井藤宏香、竹内朱美、伊藤 哲、中尾登志雄、溪畔域の土壌基質に対するサワグルミ実生の根系の形態の変化—アカシデおよびイヌシデとの比較—、日本森林学会誌、査読有、Vol. 90(3)、2008、145-150
 - ⑯井藤宏香、伊藤 哲、中尾登志雄、角本健一、暖温帯の小扇状地に成立する溪畔林の動態に及ぼす地表変動攪乱の影響、森林立地、査読有、Vol. 50(1)、2008、17-24
ほか、査読なし 8 件
- [学会発表] (計 71 件)
- ①Ito, S., Strategy for restoration of forest landscapes based on Ecological Site Classification (ESC): How to determine the restoration priority?, Dr. Hyun's 100th Birth Anniversary Symposium, 2012.2.12, Seoul
 - ②Sakio, H., Kubo, M., Flowering and seed production of *Cercidiphyllum japonicum* for 8 years, The 5th EAFES International

Congress, 2012.3.18, Otsu
③Nagashima, T., Sakio, H., Regeneration of *Cryptomeria japonica* Forest after Typhoon Disturbance in a Snowy Region, The 5th EAFES International Congress, 2012.3.18, Otsu
④Kawakami, Y., Sakio, H., Coexistence of riparian trees on debris flow site of the Okochi River, Sado island, The 5th EAFES International Congress, 2012.3.18, Otsu
⑤Nakano, Y., Homma, K., Sakio, H., Ecological significance of sprouting traits of *Pterocarya rhoifolia* in heavy snow region, The 5th EAFES International Congress, 2012.3.18, Otsu
⑥Takahashi, M., Kawanishi, M., Homma, K., Sakio, H., Differences in the vegetation of the cool temperate zone between Sado Island and mainland, The 5th EAFES International Congress, 2012.3.18, Otsu
⑦ Sakio, H., Riparian forest in Japan, International Workshop on Ecology and Management of Riparian Forests in Taipei, 2011.10.15, Taipei
⑧ Ito, S., Ecological importance of riparian forests: its structure and functions, International Workshop on Ecology and Management of Riparian Forests in Taipei, 2011.10.15, Taipei
⑨Takahashi, M., Kawanishi, M., Sakio, H., A comparison of vegetation between ridge and valley forest at the cool temperate zone in Sado Island, Japan., The 20th Workshop of Riparian Forest Research, 2011.10.16, Taipei
⑩ Sakio, H., Why did the black locust (*Robinia pseudoacacia*) expand broadly at the river basin in Japan?, The 20th Workshop of Riparian Forest Research, 2011.10.16, Taipei
⑪ Kawanishi, M., Species diversity of forest floor vegetation in riparian area, The 20th Workshop of Riparian Forest Research, 2011.10.16, Taipei
⑫ 川西基博, 石川慎吾, 上高地梓川河床におけるパッチ状群落の消長と草本群落の種組成変化, 日本生態学会第 58 回大会, 2011.3.11, 札幌
⑬比嘉 基紀, 川西 基博, 久保 満佐子, 崎尾均, 大山沢溪畔林におけるニホンジカの食害の影響, 日本生態学会第 58 回大会, 2011.3.11, 札幌
⑭平田令子, 松田祥平, 中山真俊, 松永慎平, 伊藤哲, 溪畔の人工林伐採に伴う水生昆虫相の変化日本生態学会第 58 回大会, 2011.3.11, 札幌
⑮Ito, S., Soen, N., Sato, T., Mitsuda, Y., A hierarchical approach for mapping priority of riparian forest restoration: Toward the catchment-scale conservation of

biodiversity and ecosystem services, XXIII IUFRO World Congress, 2010.8.25, Seoul
⑯Kawakami, Y., Sakio, H., Regeneration process of riparian forest after large debris flow on Sado Island in Japan, XXIII IUFRO World Congress, 2010.8.24, Seoul
⑰山川博美, 伊藤 哲, 寺原政志, 秋實範浩, 自然環境に配慮した木材生産のための集水域レベルでのゾーニング -宮崎県日向市でのケーススタディ-, 第 20 回景観生態学会大会, 2010.7.17, 鳥取
⑱原口正平, 高木正博, 手柴瑞代, 山地溪流での常緑樹と落葉樹の落葉の分解過程, 第 121 回日本森林学会大会, 2010.4.4, つくば
⑲安田整樹, 山川博美, 松永慎平, 川西基博, 伊藤 哲, 暖温帯山地溪畔域における下層植生と林床の物理環境の対応, 第 121 回日本森林学会大会, 2010.4.4, つくば
⑳Yamagawa, H., Ito, S., Mistuda, Y., Optimum logging size and rotation for enhancement of multiple functions in uneven-aged management of conifer plantations, 6th IUFRO Workshop of Uneven-Aged Silviculture, 2008.10.27, Shizuoka
ほか 51 件

〔図書〕 (計 11 件)

①川西基博, 米林 伸, 荒川の植生, 『流域環境を科学する—荒川流域の水と緑を考える— (高村弘毅・後藤真太郎編)』, 古今書院, 2011, pp.191-182
②崎尾均 (編著), ニセアカシアの生態学, 文一総合出版, 2009, 356
③崎尾均, シオジ, 日本樹木誌 (日本樹木誌編集委員会 (伊藤 哲, 崎尾均ほか 10 名) 編, 日本林業調査会, 2009, 401-406
④ Sakio, H., Tamura, T. (eds), Ecology of riparian forests in Japan: Disturbance, life history and regeneration, Springer, 2008, 339
⑤Sakio, H., Features of riparian forests in Japan. In: "Ecology of Riparian Forests in Japan: Disturbance, Life History, and Regeneration (Sakio, H. and Tamura, T., Eds.)", Springer, 2008, pp.3-11
⑥Sakio, H., Kubo, M., Shimano, K., Ohno, K., Coexistence mechanisms of three riparian species in the upper basin with respect to their life histories, ecophysiology, and disturbance regimes, In: "Ecology of Riparian Forests in Japan: Disturbance, Life History, and Regeneration (Sakio, H. and Tamura, T., Eds.)", Springer, 2008, pp.76-90
⑦Ito, H., Ito, S., Longitudinal variation in disturbance regime and community structure of a riparian forest established

on a small alluvial fan in warm-temperate southern Kyushu, Japan, In: "Ecology of Riparian Forests in Japan: Disturbance, Life History, and Regeneration (Sakio, H. and Tamura, T., Eds.)", Springer, 2008, pp.123-136

⑧ Kawanishi, M., Sakio, H., Ohno, K., Diversity of forest floor vegetation with landform type. In: "Ecology of Riparian Forests in Japan: Disturbance, Life History, and Regeneration (Sakio, H. and Tamura, T., Eds.)", Springer, 2008, pp.268-278

⑨ Suzuki, W., Kikuchi S., Ecology and conservation of an endangered willow, *Salix hukaoana*, In: "Ecology of Riparian Forests in Japan: Disturbance, Life History, and Regeneration (Sakio, H. and Tamura, T., Eds.)", Springer, 2008, pp.281-297

⑩ Ito, S., Mitsuda, Y., Buckley, G.P., Takagi, M., Strategy for the reallocation of plantations to semi-natural forest for the conservation of endangered riparian tree species, In: "Ecology of Riparian Forests in Japan: Disturbance, Life History, and Regeneration (Sakio, H. and Tamura, T., Eds.)", Springer, 2008, pp.299-310

⑪ Sakio, H., General conclusions concerning riparian forest ecology and conservation., In: "Ecology of Riparian Forests in Japan: Disturbance, Life History, and Regeneration (Sakio, H. and Tamura, T., Eds.)", Springer, 2008, pp.313-329

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 哲 (ITO SATOSHI)
宮崎大学・農学部・教授
研究者番号：00231150

(2) 研究分担者

高木 正博 (TAKAGI MASAHIRO)
宮崎大学・農学部・准教授
研究者番号：70315357

鈴木 和次郎 (WAJIRO SUZUKI)
(独)森林総合研究所・森林植生研究領域・主任研究員
研究者番号：20370281

崎尾 均 (SAKIO HITOSHI)
新潟大学・農学部・教授
研究者番号：20449325

光田 靖 (MITSUDA YASUSHI)
(独)森林総合研究所・四国支所・主任研究員
研究者番号：30414494

川西 基博 (MOTOHIRO KAWANISHI)
鹿児島大学・教育学部・准教授
研究者番号：50551082