

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月9日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21380023

研究課題名（和文） モンスーンアジア農村ランドスケープの構造・機能比較論と
持続可能な農村社会形成研究課題名（英文） Structure and function of agricultural landscapes in monsoon Asia
for developing sustainable rural societies

研究代表者

武内 和彦（TAKEUCHI KAZUHIKO）

東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授

研究者番号：90112474

研究成果の概要（和文）：

持続可能な農村社会のモンスーンアジア共通モデル構築を最終目標として、わが国の「里山ランドスケープ」およびモンスーンアジア農村の類似ランドスケープに共通する人間-環境系の成立過程の解明を目的に、主に我が国およびインドネシアジャワ島で、農村ランドスケープの構造と生態系供給サービス発現に関わる機能の比較を行った。その結果、様々な土地利用からなるモザイク景観は、生存基盤としての多様な生態系供給サービスを楽しむに重要であるが、モザイク景観内の機能的連結性は、比較を行ったモンスーンアジア多地域間で大きく異なり、それが「SATOYAMA」の崩壊および再生過程に影響することがわかった。

研究成果の概要（英文）：

In order to achieve sustainable rural societies in Monsoon Asia, the study aimed to elucidate common functionality of human-nature relationships in agricultural mosaic landscapes through Monsoon Asia by comparing landscape structures and functions related to ecosystem provisioning services as a fundamental goods for human welfare. Mosaic landscapes consisting of forests, woodlands and cultivation fields contributed to govern multiple ecosystem provisioning services, while interrelation among landscape elements differed between Javan and Japanese landscapes. The difference likely affected destruction of human-nature harmonious societies.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	6,500,000	1,950,000	8,450,000
2010年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2011年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・園芸学・造園学

キーワード：農村ランドスケープ、生態系供給サービス、生態資源、ランドスケープ構造・機能、SATOYAMA、アグロフォレスト

1. 研究開始当初の背景

全球レベルでの環境問題が深刻化する今日、持続可能な社会像の具現化が求められている。その中で、里山や水田など多様な農的土地利用のモザイクで構成される「里山ラン

ドスケープ」は、持続可能な社会形成に必要な、低炭素・循環型・自然共生社会を相互達成した実在社会として近年注目され、そこに内在した生態資源の利用と管理のあり方の再構築が求められている。しかし、わが国の

里山ランドスケープは、社会経済的条件の変化ですでに大きく変容しており、本来の持続可能な生態資源利用・管理の様子を捉えるのが困難となっている。

一方、水稻文化を有するモンスーンアジア農村には、わが国の里山ランドスケープと極めて類似した農村ランドスケープが存在する。これは単に土地利用の種類とモザイクのパターン（ランドスケープ構造）の類似だけではなく、生態資源の獲得や循環的利用形態（ランドスケープ機能）も類似することが、これまで人間活動と自然環境との調和を里山ランドスケープと東南アジアの農村で評価してきた申請者らの成果（Harashina et al., 2003; Ichikawa et al., 2006; 武内ら, 2007; Okubo et al., 2008）から示されてきた。そのため、かつてわが国の里山ランドスケープにみられた生態資源利用・管理の姿およびその再構築の道筋を、モンスーンアジアの伝統的な農村ランドスケープと多地域間比較することで抽出できると考えられる。

また、このモンスーンアジア農村に見られる土地利用構成と生態資源利用・管理の類似性は、一定の与えられた環境条件における人間の適応戦略が類似し、人間生存に共通の生態資源獲得を達成するために、環境への働きかけが類似した結果として捉えられる（Rambo, 1984）。すなわち、モンスーンアジア農村に見られる土地利用構成と生態資源利用・管理の類似性は、共通の人間生存基盤確保を実現した結果であり、この生存基盤こそが、次世代に渡り持続的に利用可能にしなければならない社会的価値に基づいた「生態系供給サービス」（Millennium Ecosystem Assessment Board, 2005）といえる。そのため、気候条件や社会経済・文化的条件の異なるモンスーンアジア農村ランドスケープの構造・機能を比較することで、そこに共通した「生存基盤の確保＝持続可能な社会形成の基礎」を理解することが可能となる。また、その基礎的要件をベンチマークとした、アジアモンスーン農村に汎用な持続可能性評価を行うことも可能となる。しかし、持続可能な社会のアジア型モデル「SATOYAMA」を世界に発信していく動きがあるにもかかわらず、里山ランドスケープとモンスーンアジア農村の類似ランドスケープの比較および持続可能性の評価を行った研究はない。

2. 研究の目的

上記の背景を受け、本研究では、持続可能な農村社会のモンスーンアジア共通モデル構築を最終目標として、わが国の「里山ランドスケープ」およびモンスーンアジア農村の類似ランドスケープに共通する人間－環境系の成立過程の解明に焦点を当てる。その上で、モンスーンアジア汎用のランドスケープ

構造・機能を比較・評価する手法を確立し、モンスーンアジア農村社会に共通した「人間生存基盤＝生態系供給サービス」の特定、その適正発現を可能にするランドスケープ構造・機能のあるべき姿を示し、モンスーンアジア共通の「SATOYAMA」理想モデルおよび持続可能性評価のための生態系供給サービスの確保を基準としたベンチマーク抽出を第一のステップとする。

さらに、人間活動の衰退に伴うわが国の里山ランドスケープ、および集約的利用に伴う発展途上モンスーンアジア諸国の農村ランドスケープ双方における人間－環境系の変容過程に注目し、「SATOYAMA」理想モデルにおける生態系供給サービスをベンチマークとして、集約化および放棄化の両側面の変化に伴うランドスケープ構造・機能の変化を定量化し、ランドスケープ機能低下に伴う地域社会システムへの影響、および生態系供給サービスの外部地域依存度を定量的に評価、伝統的生態資源利用管理技術の再評価と地域適応型新技術導入の検討と、シナリオ分析による生態系供給サービス向上、および外部依存度低下の定性評価を行い、現代的社会経済条件に適応したモンスーンアジア共通の「SATOYAMA」再生モデルの構築を第二のステップとする。

3. 研究の方法

(1) モンスーンアジアの農村モザイクランドスケープ抽出

各地域の地質および標高データのGIS解析により小起伏山地、開析の進んだ丘陵・台地地域を抽出し、中解像度衛星画像による土地被覆分析（日本においては既存の土地利用データ）を重ね、開析谷に水田の立地し、その周囲斜面に樹林地が位置する、いわゆる「谷津田」ランドスケープを、ランドスケープ構造・機能の詳細調査対象として選定する。

(2) 里山およびモンスーンアジアにおける類似ランドスケープの構造解析

各島嶼部から選定した事例調査地において、高解像度衛星を用いた詳細な土地被覆・利用図を作成し、現地地形計測データによる地形分類および土壌区分とあわせて、GIS解析を用いた地形連鎖による土地利用配列に注目した里山ランドスケープの構造特性の把握を行う。

(3) 里山およびモンスーンアジアにおける類似ランドスケープの機能解析

ランドスケープ構造を把握した事例対象地において、地域住民への構造化聞き取り調査を実施し、生態資源の利用・管理実態を把握する。ここから各土地利用から獲得される生態資源の種類と量および消費量、また土地利用間での生物資源の循環利用の状況を把握し、各ランドスケープにおける機能を抽出

する。日本に過去の状況については、各種農林業センサスや申請者らのこれまでの研究成果で得られた過去の生態資源利用・管理および循環的利用に関するデータ（武内ら，2001）を整理し、当時のランドスケープ機能を特定する。利用生態資源の種類や地域内充足率、生物資源の循環利用に関するフロー解析から得られる各種収支指数、および生物生産過程を考慮した生態資源獲得に関するエネルギー効率を求め、多地域間比較および定量的類型化を行う。

(4) 構造・機能の多地域間類型化と持続可能性評価ベンチマークの抽出

上記の構造・機能の定量的類型化と多地域間比較により、モンスーンアジア農村に共通の人間生存基盤（食料、建築材、燃料材、家畜飼料の地域内獲得）を抽出し、農村ランドスケープが生み出す生態系供給サービスを特定し、必須サービス量のベンチマークを算出する。さらに、生態系サービスの発現を保証するための適正なランドスケープ構造の姿を視覚化する。

(5) ランドスケープ構造変化に伴う機能および生態系サービス低下の定量化

土地利用の単純化（土地利用多様性の低下）、生態資源の地域内充足率の低下、生物資源循環利用率などから、集約化および粗放・放棄化の両側面におけるランドスケープ構造・機能の変化を定量化する。さらに、それに伴う生態系供給サービスの低下に関して、抽出した理想的なサービスレベルのベンチマークからの乖離分（損失分）の外部依存程度を算出することで定量化する。インドネシアにおいては、かならずしもすべてを外部資源により代替できない可能性が高いため、生態系供給サービス損失による社会的影響、とくに資源アクセスに乏しい貧困層への影響程度も特定する。具体的に定量化する生態系供給サービスとして、現時点では、摂取成分別食料、燃料資源、木材資源を検討する。これらは、マテリアルフローとして外部依存性を定量的に計測可能であり、また、申請者らのインドネシアや国内里山における研究実績も含めて国際的にも標準化された評価手法が確立しているエネルギー収支としてもシステム間の比較が可能であるため、これらの手法を適用して、ベンチマークからの乖離程度を非持続可能性指標として算出する。

(6) 再生「SATOYAMA」モデルの構築とシナリオ分析

各事例対象地における生態資源利用・管理の優良事例（ワイズ・ユース）を勘案しながら、里山ランドスケープの生態系サービスを再構築するためのシナリオ策定を行う。生業変化に伴い発生した未利用生物資源の有効活用技術導入や、アグロフォレストリなどの伝統的土地利用の経済的改良手法導入を想

定した場合の生態系サービス向上を上記の非持続可能性指標を用いて評価し、伝統的農村ランドスケープの再構築に基づくモンスーンアジア共通の「SATOYAMA」モデルを提示する。

4. 研究成果

(1) 日本を含むモンスーンアジアにおける「SATOYAMA」ランドスケープの抽出および景観構造の解析

土地利用および地質・地形分類データを用いて、日本およびモンスーンアジアにおけるモザイク景観の分布状況を地図化した。その結果、「SATOYAMA」ランドスケープが成立しているのは、おもに第三紀丘陵地域に偏ることが明らかとなった。こうした地域では、1970年代からモザイク状の景観が維持されており、伝統的な生業活動の中で、景観構造の維持とそれに付随した固有の生物多様性が維持されている可能性が示唆された。また、高解像度衛星画像の導入により、詳細な父利用分類図と景観構造の解析が可能となり、その結果、モンスーンアジアに共通して、開析谷の水田と、その周辺の丘陵斜面における樹林地によるモザイク景観が形成されていることが明らかとなった。

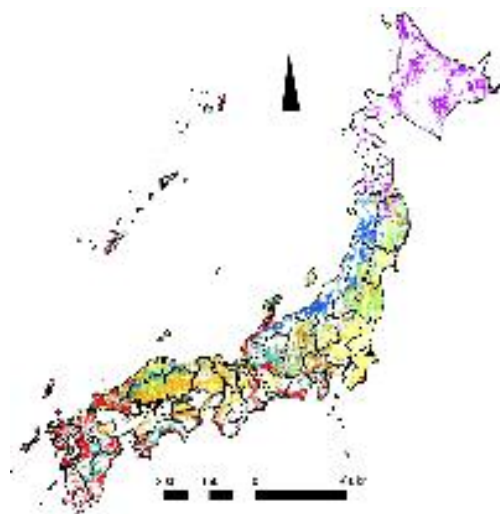


図 日本 の 里 山 ラ ン ド ス ケ ー プ の 類 型 化

(2) 「SATOYAMA」ランドスケープにおける生態系供給サービスに関わる機能解析およびその変容

日本の多摩地域で1960年代に見られたかつての地域生物資源の利用と景観構造の関連を把握した結果、雑木林からの多様な生物資源利用の様子が明らかとなり、畑地の緑肥収集、耕畜のまぐさ収集、燃料材の収集などがかつて存在していたことを定量的に把握し、かつてのモザイク景観を構成する各土地利用要素が有機的に結びついていたことが明らかとなった。一方、ジャワ島での調査結果から、多種の土地利用から構成されるモザイク景観から、多様な生態系供給サービスを

受けていることはかつての日本における里山ランドスケープと共通していたが、土地利用間での資源フローを通じた有機的なつながりは薄く、家畜を通じた物質フローが確認されるにとどまった。すなわち、ジャワ島においては、我が国の里山ランドスケープに類似した構造が見られるものの、景観構成要素がそれぞれ単独で生業活動の中で利用されており、景観全体が一つの閉鎖系としてつながっていないことが明らかとなった。

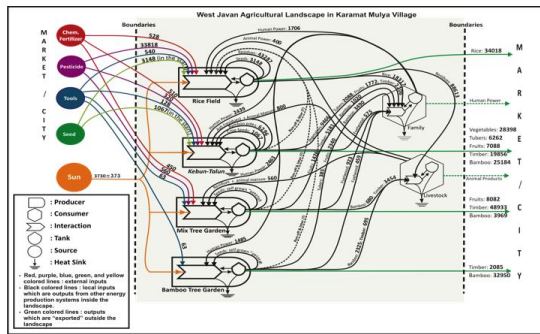


図 インドネシア西ジャワの一農村集落における各景観構成要素とエネルギーフローから見た機能的連結性

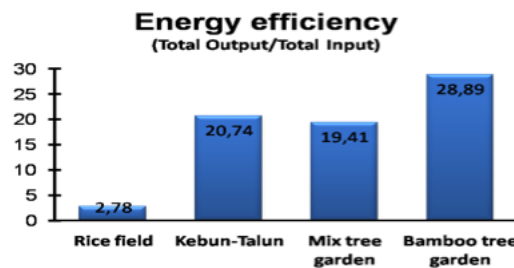


図 インドネシア西ジャワの一農村集落における各土地利用のエネルギー生産効率性の評価結果

そのため、景観構造の変化がもたらす機能変化に関して、我が国では耕作の機械化に伴う耕畜利用の減少が生態系供給サービスへの依存度を低下させた一方、ジャワ島においては、機械化による労働効率の向上が見られないこと、耕畜のまぐさ収集に特化した土地利用が存在しないこと、補助金制度の不安定さに伴って家庭燃料の変化が起こりにくい状況にあることなどから、生業活動の変容に伴う連鎖的な土地利用変化が確認されず、生態系供給サービスへの依存度は大きく変化しないことがわかった。

(3) 「SATOYAMA」モデルの再構築に向けたシナリオ分析

Millennium Ecosystem Assessment に基づいて、我が国の里山の生態系サービス評価を行った。その結果、生態系供給サービスへの依存度が低下する中、サービスの賦存量は増加しており、そのあたらしい有効利用策が、

里山再生の鍵になることが明らかとなった。一方ジャワ島においては、食料を除く生態系供給サービスへの依存度は依然として高く、自然生態系への圧力も強まる傾向にあることから、人為生態系、とくにアグロフォレストリーといった複合生産生態系のさらなる資源利用の効率性が不可欠であることが明らかとなった。とくに、果樹などを中心としたアグロフォレストでは、アグロフォレストを構成する木本作物の種構成を多様にし、単位面積あたりの樹木密度を向上させることが収益性の向上につながることで、土壌養分の維持についても構成種が多様なアグロフォレストが有用であることが明らかとなった。こうした多種からなる高密度のアグロフォレストを達成するためには、光合成に関する葉特性の異なる種群を選抜することで、光資源を有効に活用したアグロフォレストを形成することが可能であることを明らかにした。

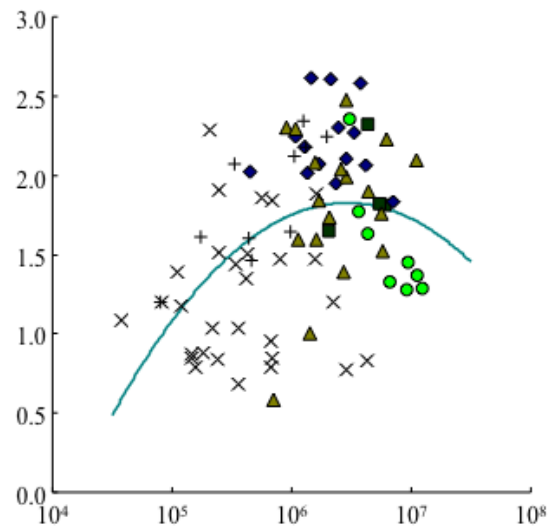


図 樹種構成の異なるアグロフォレストにおける単位面積あたりの収益性（横軸）と構成種の多様性（シャノンの多様性指数：縦軸）との関連性

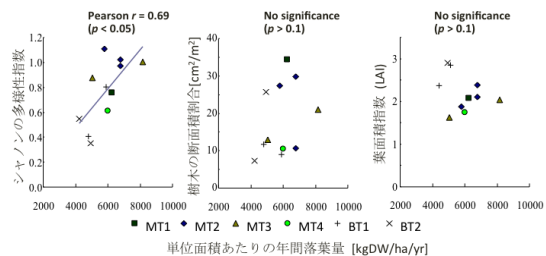


図 アグロフォレストにおける落葉・落枝を通じた土壌養分循環量は構成種の多様度で決まる

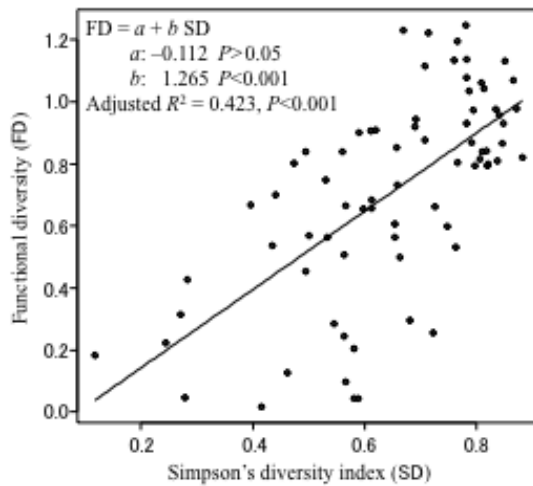


図 光合成に関する葉特性に基づいた機能的多様性と構成種の種多様性との関係

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7件)

- ① Okubo, S., Tomatsu, A., Parikesit, Muhamad, D., Harashina, K., Takeuchi, K., Leaf functional traits and functional diversity of multistoried agroforests in West Java, Indonesia、Agriculture, Ecosystems & Environment、査読有、Vol. 149、2012、91-99
- ② Jiao, Y., Li, X., Liang, L., Takeuchi, K., Okuro, T., Zhang, D., Sun L., Indigenous ecological knowledge and natural resource management in the cultural landscape of China's Hani Terraces、Ecological Research、査読有、印刷中、2012
- ③ Takeuchi, K., Rebuilding the relationship between people and nature: the Satoyama Initiative、Ecological Research、査読有、Vol. 25、2010、891-897
- ④ Okubo, S., Parikesit, Harashina, K., Muhamad, D., Abdoellah, O.S., Takeuchi, K., Traditional perennial crop-based agroforestry in West Java: the tradeoff between on-farm biodiversity and income、Agroforestry Systems、査読有、Vol. 80、2010、17-31
- ⑤ 針生岬・原科幸爾、東北地方における里地里山的環境の類型化、農業農村工学会誌、査読有、Vol. 78、2010、7-12
- ⑥ Okubo, S., Parikesit, Muhamad, D., Harashina, K., Takeuchi, K., Umezaki, M., Land use/cover classification of a complex agricultural landscape using single-dated very high spatial resolution satellite-sensed imagery、Canadian Journal of Remote Sensing、査読有、Vol. 36、2010、722-736
- ⑦ Kumar, B.M., Takeuchi, K., Agroforestry in the Western Ghats of peninsular India and the satoyama landscapes of Japan: a comparison of two sustainable land use

systems、Sustainability Science、査読有、Vol. 4、2009、215-232

[学会発表] (計16件)

- ① 大久保悟、アジアスケールでみた農業景観のモザイク性：生物多様性の観点から、第59回日本生態学会大津大会、2012年3月18日、龍谷大学、大津市
- ② Okubo, S.、Biodiversity and ecosystem services in human-dominated landscapes of West Java, Indonesia、National Seminar on Biodiversity and Ecosystem Services、パジャジャラン大学、バンドン、インドネシア
- ③ 大黒俊哉、里山・里地の調整サービスと生物多様性、シンポジウム「里山・里地・里海の価値とその管理：新たなコモンズ論の展開に向けて」、2010年7月9日、東京
- ④ Okuro, T., Jiao, Y., Yamamoto, S.、Assessment of biodiversity and ecosystem services of Satoyama, traditional rural landscape of Japan using common database、GLP Open Science Meeting 2010: Land Systems, Global Change and Sustainability、2010年10月19日、Tempe, Arizona, USA
- ⑤ 大黒俊哉、里山・里海の現状と変化の傾向、第29回環境システムシンポジウム「里山里海の生態系サービスを評価する」、2010年12月13日、東京
- ⑥ 大久保悟、里山の生物多様性と恩恵、首都圏大学サテライト講座2010年度・冬、2011年2月12日、緑と水の市民カレッジ、東京
- ⑦ Okuro, T.、Japan-Asia Satoyama Education Initiative、The First Global Conference of the International Partnership for the Satoyama、2011年3月11日、名古屋
- ⑧ 大黒俊哉・角媛梅・井上雅文・李召羅、国土スケールでみた里地里山の生物多様性と生態系サービスの変動評価、日本生態学会第58回大会、2011年3月9日、札幌
- ⑨ Jiao, Y., Okuro, T., Takeuchi, K.、Assessment on ecosystem services of Satoyama landscape in central Japan and Hani terrace in Southwest China、日本生態学会第58回大会、2011年3月9日、札幌
- ⑩ 土屋一彬・大黒俊哉・武内和彦、ゾーニングと管理者の相互作用が里山の林床植生を変える、日本生態学会第58回大会、2011年3月11日、札幌
- ⑪ 大久保悟、湿潤熱帯アジアの里山景観における生態系・生物多様性研究の現況と意義、第1回JBONワークショップ「生態系・生物多様性研究のネットワーク化」、2009年5月10日、東京大学

- ⑫ Okubo, S., Harashina, K., Tamura, T., Parikesit, Asdak, C., Abdoellah, O.S., Takeuchi, K., Differences of soil water use in traditional and commercialized bamboo-tree gardens, West Java, Indonesia、Kyoto Sustainability Initiatives (KSI) International Workshop on “Swidden Agriculture in Southeast Asia: Its Sustainability and its Contribution to Sustainability of Agroforestry, and Forestry”、2010年3月15日、京都大学
- ⑬ Parikesit, Okubo, S., Abdoellah, O.S., Harashina, K., Mizuno, K., Muhamad, D., The ecological functions of traditional agroforestry in the agricultural landscape in West Java Indonesia: biodiversity condition in talon system、Kyoto Sustainability Initiatives (KSI) International Workshop on “Swidden Agriculture in Southeast Asia: Its Sustainability and its Contribution to Sustainability of Agroforestry, and Forestry”、2010年3月15日、京都大学
- ⑭ Harashina, K., Okubo, S., Parikesit, Adinegara, Simangunsong, C.M., Hayyun, D.A., Martiani, R., Insan, Abdoellah, O.S., Tamura, T., Takeuchi, K., Litterfall, litter stock, and floor vegetation biomass in several variations of mix/bamboo tree garden (talun) in West Java, Indonesia、Kyoto Sustainability Initiatives (KSI) International Workshop on “Swidden Agriculture in Southeast Asia: Its Sustainability and its Contribution to Sustainability of Agroforestry, and Forestry”、2010年3月15日、京都大学
- ⑮ 大黒俊哉・角媛梅・井上雅文・李召羅、地理情報システムを用いた国土スケールでの里地・里山の生態系サービス評価、第57回日本生態学会大会、2010年3月18日、東京大学
- ⑯ Jiao, Y., Okuro, T., Takeuchi, K.、Assessing ecosystem services and land use changes of Satoyama landscape、第57回日本生態学会大会、2010年3月18日、東京大学

[図書] (計5件)

- ① Parikesit, Okubo, S., Husodo, T., Takeuchi, K., Muhamad, D., Springer, Biodiversity Issues in Indonesia, with Special Reference to Biodiversity in Human-Dominated Landscapes (Shin-ichi Nakano et al. (eds.), The Biodiversity Observation Network in the Asia-Pacific Region: Toward Further Development of Monitoring, Ecological Research Monographs)、印刷中
- ② 小宮山宏・武内和彦・住明正・花木啓祐・三村信男 (共編)、東京大学出版会、「生

態系と自然共生社会」(サステイナビリティ学第4巻)、2010、224

- ③ Japan Satoyama Satoumi Assessment (共編)、United Nations University Press、Satoyama-Satoumi Ecosystems and Human Well-being: Socio-ecological Production Landscapes of Japan; Summary for Decision Makers, 2010、44
- ④ 日本の里山・里海評価—関東中部クラスター (共編)、国連大学、里山・里海：日本の社会生態学的生産ランドスケープ— 関東中部の経験と教訓一、2010、134
- ⑤ 原科幸爾 (分担執筆)、昭和堂、荒木徹也・井上真 編「フィールドワークからの国際協力」、 2009、290

[その他]

ホームページ等

<http://www.es.a.u-tokyo.ac.jp/lep/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

武内 和彦 (TAKEUCHI KAZUHIKO)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授
研究者番号：90112474

(2) 研究分担者

大黒 俊哉 (OKURO TOSHIYA)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・准教授
研究者番号：70354024

原科 幸爾 (HARASHINA KOJI)
岩手大学・農学部・講師
研究者番号：40396411

大久保 悟 (OKUBO SATORU)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教
研究者番号：30334329