

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02598

研究課題名(和文) 地球温暖化による熱帯作物の栽培地域拡大 - 食糧生産増と環境保全の両立

研究課題名(英文) Expansion of cultivation area of tropical crops due to global warming -
Coexistence of increase in food production and environmental conservation

研究代表者

縄田 栄治 (NAWATA, EIJI)

京都大学・国際戦略本部・特任教授

研究者番号：30144348

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 30,800,000円

研究成果の概要(和文)：地球温暖化による熱帯作物の栽培地拡大に関わる一連の研究を行った。東南アジア大陸部山地斜面では、トウモロコシなど熱帯畑作物による常畑化が進行していること、平原部では生産の不安定性が高まっていることを示した。また、タイの長期間の気象データの分析により、気温上昇は温帯程顕著でないこと、地域によっては降雨の不安定性が高まっていることを示した。さらに、斜面農地の集約化で懸念される土壌侵食を推定するモデル、及び地球温暖化で重要性を増す害虫の動態モデルを開発した。一方、亜熱帯・温帯暖地で栽培が拡大している熱帯・亜熱帯果樹の環境適応性を明らかにした。また、シナリオ解析のための降雨量モデルの解析を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球温暖化は短期的には農業生産に対して正の効果をもたらす可能性が高い。炭酸ガス濃度上昇による作物生産性の向上、栽培期間の長期化のほか、生産力の高い熱帯作物の高標高・高緯度域での栽培拡大によって、一時的には農業生産は増加すると思われ、近年の地球レベルでの安定的に高い農業生産はこのことを裏付けている。一方で、このような熱帯作物の栽培地拡大は、環境負荷増大など新たな問題を生み出している。本研究は、熱帯作物栽培拡大の現状の一端を明らかにしたと同時に、それに関わる問題を抽出し解決法を提示をするなど、農業及び農業環境面での温暖化対策に寄与したと思われる。

研究成果の概要(英文)：Influences of the expansion of cultivation area of tropical crops due to global warming were studied. In mountainous slope lands in Mainland Southeast Asia, permanent cropping of tropical crops have been prevailing instead of shifting cultivation and in plane land area, instability of crop production has been increased. Analysis of the long-term meteorological data in Thailand revealed that the increase of air temperature was not as conspicuous as that seen in the temperate area, and that rainfall was more unstable in some areas. Simulation models, which estimate soil erosion in slope land areas, and population dynamics of plant brown hopper were developed. In addition, environmental adaptabilities of some tropical and subtropical fruits, which have been introduced in higher latitude area recently, were analyzed. For future scenario analyses, several rainfall simulation models were compared and analyzed..

研究分野：熱帯農学

キーワード：熱帯作物 地球温暖化 食料生産 環境保全 持続性

1. 研究開始当初の背景

研究の学術的背景

急速に進行する地球温暖化は、地球環境に負の影響を及ぼし人類の生存を脅かしかねないため、強く懸念されているが、地球温暖化は負の側面が強調されることが多いのに対し、正の側面がないわけではない。たとえば、作物の生産性の向上である。気温の上昇により、作物の作付可能期間が伸び、また、大気中の CO₂ 濃度の上昇と相まって、光合成速度も高くなることが予測されるためである。さらに、もう一つの正の側面として、より生産性の高い熱帯作物の栽培可能地域が拡大する可能性がある。熱帯の畑作物は、C₄ 植物が多いせいもあって、一般に温帯の作物より生産性が高い。一方で、熱帯作物が植えつけられている熱帯低地の土壌は、風化の進んだ貧栄養な土壌が多く、その生産性の高さが十分に生かされているとは言いがたい。今後、温暖化が進行し、より肥沃な高緯度地域や熱帯高標高地域への生産域拡大が可能となれば、農業生産性の大幅な向上が期待できる。

今後、高緯度地域・熱帯高標高地域での活用が期待される熱帯作物であるが、適正な栽培地拡大に関する、具体的な研究は端緒についたばかりである。また、栽培地拡大の結果としての環境負荷の増減に関する研究例も殆どない。さらに、熱帯地域では、地球温暖化の影響に関する研究が、降雨不安定性増大など気象面に関する研究を除くと、極めて限られる。

2. 研究の目的

以上述べた背景のもと、本研究課題は、熱帯畑作物と熱帯樹木作物(果樹及び特用作物)に着目し、地球温暖化による高緯度地域及び熱帯高標高地域への栽培拡大の現状を、現地調査と農業統計データ、リモートセンシングデータの解析により明らかにすること、さらに今後の拡大可能性を作物モデルと資源データベースを組み合わせた生産力モデルを活用して推定すること、両者の結果を地図化することにより、現状と今後の具体的な拡大可能地域提示の可能性を追求すること、生産拡大により問題となる点を環境負荷も含めて抽出し解決策を提示することを目的として実施した。

3. 研究の方法

現地調査及び農業統計データ、リモートセンシングデータを活用した現状解析を行った。東南アジア大陸部における、熱帯畑作物と樹木作物の栽培拡大の現状を、現地調査及び農業統計、リモートセンシングデータを活用して推定した。

次に、タイ北部・中部・東北部を対象とし、生産力モデルを用いて、作物生産力の推移を分析した。さらに、栽培拡大の現状と将来の栽培拡大可能地域可視化のための地域気象分析を行った。対象作物の栽培地域拡大の現状と将来の拡大可能地域の提示のため、GIS を利用して生産力や害虫動態の地図化を行った。また、地球温暖化の現況分析と将来シナリオ構築のために、対象地域の気象分析を行った。

さらに、高緯度・高標高地域に生産を拡大する際の問題点の抽出と解決策の提示のための一連の解析を行った。熱帯作物が高標高地域に生産域を拡大する際の問題点である斜面農地利用拡大の持続性を分析するため、土壌侵食モデルを開発した。一方、高緯度地域への拡大の際の問題点となる、日長などの季節性の変化への作物の適応性については、いくつかの熱帯・亜熱帯果樹を対象に、現在の主要品種の環境適応性を精密に分析した。

4. 研究成果

(1) ミャンマー中部の土地利用の変化

ミャンマー中部のバゴー山地での現地調査と衛星画像分析の結果、焼畑の禁止政策が施行され、山地斜面の常畑利用が進行し、より集約的な畑作物栽培が進行していること、常畑化は幹線道路沿いのより交通の便のよい村落で進行していることを明らかにした。

一方、低く不安定なミャンマー中部の中央乾燥地帯の農業生産性の向上のため、衛星画像の解析と現地調査により、近年の土地利用と農業体系の動態を明らかにした。3つの調査地(Nay Pyi Taw (NPT) 地区・Mandalay (Mdy) 地区・Nyaung-U (NU) 地区)に、衛星画像解析により作成した土地利用変化図を分析した結果、NPT 地区・Mdy 地区では都市域の拡大が農地の減少を招き、そのことに起因して自然植生周縁部の農地への転換が起こったこと、NU 地区では、急速な農地開発の後に廃棄された裸地の森林再生と森林の農地開発が同時に進行していることを明らかにした。さらに、聞き取りと観察による現地調査、農業統計の分析により、NPT 地区・Mdy 地区で農業集約化が進行していること、NU 地区は地球温暖化の影響で頻発する異常気象の影響を強く受け、作付作物の変化が見られること、農業の集約化が他の2地域に比べ、はるかに緩やか

に進行していることを明らかにした。

(2) 1950年以降のタイの気候変動と作物生産性の変化

1951年から2015年にかけての65年間、タイの34ヶ所の主要気象ステーションで測定された気温と降雨量の日データの長期的変動を分析した結果、気温には大きな変動がないこと、降雨は不安定で地域的な変異が大きいことを明らかにした。シミュレーションモデルによって、主要畑作物の収量変動を推定した結果、気温・日射量・降雨量により制限される達成可能収量においては、どの作物においても、大きな年変動が見られること、旱魃あるいは湛水により生産力を大きく低下させることを明らかにした。さらに、ほとんどのステーションでエルニーニョ年に達成可能収量が低下していることを示し、天水条件下での栽培の多い熱帯地域で、降雨変動が農業生産に大きな影響を与えることを明らかにした。

(3) タイ北部における土壌侵食モデルの開発

タイ北部の飼料用トウモロコシの畑作地において、土壌浸食量を推定するシミュレーションモデルを構築した。チェンマイ県の畑作地で、土壌水分量および土壌侵食量を推定するモデルを構築し、ナン県の畑作地でその検証を行った結果、土壌水分含量を推定するモデルは、栽培期間の土壌水分動態をほぼ正確に示した一方、土壌浸食量を推定するモデルは浸食量を過大評価する傾向にあり、実際の土壌浸食量はモデルによる推定値より小さかった。土壌表面でのクラスト形成により土壌表面が硬化し雨滴の衝撃に対する抵抗性が高まったためと考えられる。クラスト形成の影響を組み込むことにより、より汎用性の高い、斜面農地の土壌侵食推定モデルの構築が可能となることを示した。

(4) タイ中部水田稲作における害虫動態モデルの開発

地球温暖化により重要性を増している、アジアの熱帯・亜熱帯・温帯地域の稲作における害虫のトビイロウンカ (*Nilaparvata lugens* (Stål)) の個体群動態と天敵との関係を明らかにし、発生予測のためのモデルを構築した。タイ中部の稲作地帯における現地調査において、トビイロウンカと代表的な天敵2種の個体群動態を調査した結果を基に、生育期間・致死率・密度を主として気温の関数として示すシミュレーションモデルを開発した。このモデルと近年の気温の日データを用い、トビイロウンカの個体群動態に及ぼすイネ移植日と殺虫剤散布の影響を解析した結果、雨季初めに移植すると高温・高湿度の条件により個体群密度が高まること、特に5月中・下旬に移植すると大発生リスクが大きくなることを示した。また、殺虫剤散布により、乾季中盤以降の移植で個体群密度が高まること、雨季では全般に個体群密度が高まることを示した。さらに、地理情報システム (GIS) を用いて、2015年のタイ中部全域のトビイロウンカ大発生リスクマップを作製した結果、5月半ばの移植においては、全域で大発生リスクが高くなること、大発生リスクの高さには顕著な地域間差異があることを示した。

(5) 熱帯果樹・亜熱帯果樹の環境適応性の分析

パッションフルーツは、わが国で最も将来が期待される亜熱帯果樹の一つであるが、気温変化の少ない島嶼環境に適す一方で、適合する土壌環境については不明であった。隆起珊瑚礁または火山島由来の土壌条件のうち、pHの低い火山島由来の湿潤熱帯酸性土壌に適合することを明らかにし、雨と火山の多いわが国で効率的な栽培地の拡大に貢献した。東南アジアの湿潤熱帯で生産が伸びるヤシ科のサラッカは、周年開花する特性ながら単価の高い12月から1月の生産が少ない傾向であり、その原因究明が待たれていた。温度制御して解剖学的に観察した結果、開花時ではなく受粉後の高夜温が花粉管伸長を抑制していることを明らかにし、5月の花に結実不良が多い原因が夜温の高さであることを証明した。商業電源のない圃場で樹上の開花環境の温度を制御する技術を開発し、タイで最も重要な輸出用熱帯果樹となっているドリアンで、大陸部東南アジアで低温期となる乾季に開花させる作型では、明け方の低温によって品種モントンの受粉失敗リスクがとくに高くなっていることを指摘した。

(6) 東南アジアにおける降雨モデルの比較解析

タイ気象局降水データと全球気象通信網 (GTS) による速報データを品質管理し、APHRODITEの手法でグリッド化し、これを元に、温暖化実験に用いられるCMIP5モデルの降水場の比較解析を行った。雨季の6-8月に注目すると空間分布の再現性は1) APHRODITEを基準とするスーパーアンサンブル、2) 複数モデルのアンサンブル平均、3) 英国ハドレーセンターモデル、4) EC Earthの順で高く、将来予測を1)の手法により行うことの有効性を明らかにした。一方、エルニーニョ等全球海面水温分布の時系列変動の地域応答をより再現しているモデルと、降水量空間相関をより再現しているモデルの合成を中央アジア (春季) で行ったところ、温暖化時に前者は降水量減少、後者は増加のシグナルを示し、今後全球シグナルの地域応答に着目して将来の降水変動を予測する必要性が明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計29件（うち査読付論文 28件／うち国際共著 13件／うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Oo K. K., K. Torii, K. S. Cheng and E. Nawata | 4. 巻 63 |
| 2. 論文標題 An analysis of land use/land-cover changes in Nay Pyi Taw, Myanmar, using remote sensing images | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Trop. Agric. Dev., 63 | 6. 最初と最後の頁 93-104 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11248/jsta.63.93 | 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 該当する |
| 1. 著者名 Swe K. N. and E. Nawata | 4. 巻 64 |
| 2. 論文標題 Developing a remote sensing based mapping method for swidden land use detection - Case studies in two Karen villages of the Bago Mountains, Myanmar | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Trop. Agric. Dev. | 6. 最初と最後の頁 13-22 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11248/jsta.64.13 | 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 Rubiyanto, C. W., Hirota | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 A Review on Livelihood Diversification: Dynamics, Measurements and Case Studies in Montane Mainland Southeast Asia | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Reviews in Agricultural Science | 6. 最初と最後の頁 128-142 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7831/ras.9.0_128 | 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 Matsuda, H. and H. Higuchi | 4. 巻 64 |
| 2. 論文標題 Effect of Temperatures on Passion Fruit Flowering: A Simulation Model to Estimate Number of Flowers | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Trop. Agric. Dev. | 6. 最初と最後の頁 54-60 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11248/jsta.64.54 | 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 Fujisao Kazuhiko, Khanthavong Phanthasin, Oudthachit Saythong, Matsumoto Naruo, Homma Koki, Asai Hidetoshi, Shiraiwa Tatsuhiko | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Impacts of the continuous maize cultivation on soil properties in Sainyabuli province, Laos | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 11231 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-67830-9 | 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 Yatagai Akiyo, Minami Kotaro, Masuda Minami, Sueto Naho | 4. 巻 15A |
| 2. 論文標題 Development of Intensive APHRODITE Hourly Precipitation Data for Assessment of the Moisture Transport That Caused Heavy Precipitation Events | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 SOLA | 6. 最初と最後の頁 43-48 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.15A-008 | 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 Boxuan Y. and E. Nawata | 4. 巻 24 |
| 2. 論文標題 Long-term trends of air temperature and the possible impacts on agriculture in Thailand. | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of ISSAAS | 6. 最初と最後の頁 57-80 |
| 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 Matsuda, H. and H. Higuchi | 4. 巻 63 |
| 2. 論文標題 Effects of the Pollen Parent on the Fruit Set and Seed Type of 'Bengal', 'Chakrapat' | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Tropical Agriculture Development | 6. 最初と最後の頁 79-82 |
| 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 Abril L., W. Sriratanasak and .i Nawata | 4. 巻 23 |
| 2. 論文標題 Population dynamics and growth pattern of the brown planthopper, Nilaparvata lugens (Stal) and its natural enemies in susceptible and resistant tropical rice varieties in Central Thailand | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 J. ISSAAS | 6. 最初と最後の頁 57-80 |
| 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 該当する |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Ogasawara, S., A. Nakao and J. Yanai | 4. 巻 63 |
| 2. 論文標題 A stepwise change of frayed edge site content in biotite in response to the gradual release of potassium from the interlayers | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Soil Sci. Plant Nutri. | 6. 最初と最後の頁 529-535 |
| 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 - |

〔学会発表〕 計30件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 8件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 長崎 裕一, Andy Saryoko, Ian Fitra Surya, Firdaus Puja Santana, Iskandar Lubis, 本間 香貴, 白岩 立彦 |
| 2. 発表標題 熱帯産および温帯産ダイズの熱帯環境下での収量生産機能 - 生育期間調節実験における乾物生産と子実生長 - |
| 3. 学会等名 日本作物学会講演会 2019年 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yatagai, A., C. Ando, R. Suzuki, M. Froude, D. Petley |
| 2. 発表標題 APHRODITE: Contribution for the early warning of heavy rainfall and consequence of landslides in Nepal |
| 3. 学会等名 AGU Fall meeting 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yanai, J. Tanaka, S., Abe, S., Nakao, A., Hirose, M., Sakamoto, K., Masai, F., Dejbhimon, K., Kanyawongha, P., Medina, S. |
| 2. 発表標題 Fertility re-evaluation of paddy soils in tropical Asia after 50 years of the Green Revolution (FREPS 50): Case studies in Thailand and the Philippines. |
| 3. 学会等名 21st World Congress of Soil Science (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 長崎 裕一, Andy Saryoko, Ian Fitra Surya, Firdaus Puja Santana, Iskandar Lubis, 本間 香貴, 白岩 立彦 |
| 2. 発表標題 熱帯産および温帯産ダイズの熱帯環境下での収量生産機能 - 生育期間調節実験における乾物生産と子実生長 - |
| 3. 学会等名 日本作物学会第247回講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Akiyo YATAGAI, Sunil KUMAR, Minami MASUDA, Mio MAEDA, Natsuko YASUTOMI |
| 2. 発表標題 Improving APHRODITE Algorithm for Assessing Precipitation Extremes - Check End of a Day - |
| 3. 学会等名 AOGS 15th Annual Meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Isao HIROTA |
| 2. 発表標題 Multiple risk management during agricultural production shortages in a mountain village in northern Laos?Roles of forest resources, livestock and the market economy |
| 3. 学会等名 International Conference on Climate Change (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yang, B. and E. Nawata |
| 2. 発表標題 Long-term trends of air temperature in Thailand |
| 3. 学会等名 熱帯農業学会第122回講演会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Danner, S. M. Ghulamahdi, Trikoesoemaningtyas, I. Lubis, T. Tatsuhiko and K. Homma |
| 2. 発表標題 Exploration of Soybean Varieties Adapted to Short-term flood |
| 3. 学会等名 日本作物学会第245回講演会ミニシンポジウム “Soybean production under tropical environment - Exploration of genotypes with better adaptation - ” |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yatagai, A., V. Kumar and T. N. Krishnamurti |
| 2. 発表標題 Development of precise precipitation data for assessing the potential impacts of climate change for Middle East and Africa |
| 3. 学会等名 IAMAS/IAPSO/IAGA |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Swe K. N. and E. Nawata |
| 2. 発表標題 Mapping Agricultural Land Use and Analyzing the Significance of Permanent Agriculture in the Traditional Swidden Cultivation Area: Case Studies in Three Karen Villages of the Bago Mountains, Myanmar |
| 3. 学会等名 熱帯農業学会第121回講演会 |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計3件

| | |
|------------------------|-----------------|
| 1. 著者名 江原宏・樋口浩和（共編） | 4. 発行年 2019年 |
| 2. 出版社 培風館 | 5. 総ページ数 259 |
| 3. 書名 熱帯農学概論 | |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Yatagai, A., V. Kumar and T.N. Krishnamurti | 4. 発行年 2018年 |
| 2. 出版社 Springer | 5. 総ページ数 - |
| 3. 書名 Development of Precise Precipitation Data for Assessing the Potential Impacts of Climate Change” in T. Watanabe and M. Aydin “Climate Change Impacts on Basin Agro-ecosystem” | |

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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 | 矢内 純太 (Yanai Junta) (00273491) | 京都府立大学・生命環境科学研究科・教授 (24302) | |
| 研究分担者 | 白岩 立彦 (Shiraiwa Tatsuhiko) (30154363) | 京都大学・農学研究科・教授 (14301) | |
| 研究分担者 | 樋口 浩和 (Higuchi Hirokazu) (50303871) | 京都大学・農学研究科・准教授 (14301) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 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 | 廣田 勲 (Hirota Isao) (50572814) | 岐阜大学・応用生物科学部・助教 (13701) | |
| 研究分担者 | 谷田貝 亜紀代 (Yatagai Akiyo) (60353447) | 弘前大学・理工学研究科・教授 (11101) | |

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1件

| | |
|--|--------------------|
| 国際研究集会 Kyoto University International Symposium | 開催年 2018年～2018年 |
|--|--------------------|

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 | | | |
|----------|-------------------------|---------|--------|------|
| | チェンマイ大学 | カセサート大学 | コンケン大学 | 他1機関 |
| タイ | | | | |
| ミャンマー | イエジン農業大学 | | | |
| ラオス | ラオス国立大学 | | | |
| その他の国・地域 | 国立台湾大学 | | | |
| インドネシア | ボゴール農業大学 | | | |
| バングラデシュ | バンガバンドゥセイキムジブールラハマン農業大学 | | | |