

令和元年5月15日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B) (特設分野研究)

研究期間：2016～2018

課題番号：16KT0033

研究課題名(和文) 窒素循環を基軸とした大規模農業地域-都市間の食糧循環とその持続可能性の評価

研究課題名(英文) Evaluation of food cycle and its sustainability between extensive agricultural and urban areas focusing on the nitrogen cycle

研究代表者

福岡 正人 (Fukuoka, Masato)

広島大学・総合科学研究科・名誉教授

研究者番号：70117232

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、世界的な農業国であるブラジルのサンパウロ州を対象に、食糧・バイオエタノール生産の持続可能性について、それらの主成分である窒素の循環を基軸に評価を行った。その結果、以下の成果が得られた。

1) 農業流域を対象に、現地観測により地下水・地表水中の窒素動態を明らかにするとともに、土地利用別の窒素収支を定量的に評価した。2) 農地・都市域を含むティエテ川流域を対象に、水文流出モデルにより窒素流出量を定量的に評価した。3) 人文社会環境の地域的差異を考慮し、サトウキビ生産を取り巻く持続可能な社会の構築と環境負荷とのバランスに関する考察を行った。以上を踏まえ、ブラジル農業の持続可能性を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、食糧・エネルギーの生産が世界的にも著しいブラジルを対象に、農作物およびバイオエタノール生産の持続可能性について、「窒素循環」に着目するという従来に無い新たな視点で評価を実施した。特に、農業の持続可能性を低めるストレス要因として、現地での窒素循環問題(汚染や温室効果ガス排出、土壌からの窒素収奪傾向など)について明らかにするとともに、人文社会的な動向などにも注目し、ブラジル農業の持続可能性を評価した。

そのため、得られた成果は学術的に独創性の高い内容であるとともに、ブラジル国内にとどまらず、今後諸外国との輸出入を含めたグローバルな窒素循環を評価していくうえで貴重な研究成果であるといえる。

研究成果の概要(英文)：In this project, sustainability for food and bioethanol was evaluated based on the nitrogen cycle for the state of Sao Paulo, Brazil, a worldwide agricultural nation. The results are summarized as follows: 1) nitrogen dynamics in groundwater and surface water was confirmed for the agricultural catchments by field observations, and nitrogen balance was estimated quantitatively for the different land use areas, 2) nitrogen transport was estimated using hydrological model (SWAT model) for Tiete River watershed, including agricultural and urban areas, and 3) the good balance between the sustainable society construction and environmental load was discussed about sugarcane production considering the regional difference of human society environment. Based on these results, sustainability for Brazilian agriculture was evaluated.

研究分野：環境資源学

キーワード：大規模農業 窒素循環 ブラジル 持続可能性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

持続可能な世界の食糧需給(循環)の実現にあたっては、(1)食糧需給に関する課題、(2)食糧循環にともなう環境負荷の課題、(3)窒素循環問題に関する課題が残されている。具体的には、(1)地球~大陸~国~地域とそれぞれのスケールで、健全な物質循環に基づいた食糧およびバイオエネルギー生産双方の持続可能性を担保することが必要不可欠な課題であるが、(2)地域間のバイオマス(食糧など)輸送にともなう窒素負荷・汚染などが農業の持続可能性や環境に与える影響は明らかではない。特に、(3)食糧・バイオエタノール生産が盛んな大規模農業地域であるブラジルにおける窒素循環問題(汚染、富栄養化、温室効果ガス排出)は定量化されていない。すなわち、食糧およびエネルギー生産の持続可能性をグローバルから地域スケールまで検討していく上では、食糧およびバイオエタノールの生産・輸出量が世界有数のブラジルは極めて重要な研究現場であり、またその際、窒素循環を基軸として食糧需給及び環境問題を評価していくことが必要である。

2. 研究の目的

本研究では、世界の食糧・エネルギー需給(循環)の持続可能性を評価するために、それらの循環量が世界で最も多い国の一つであるブラジルに注目し、食糧およびバイオエタノール生産の持続可能性について、食糧の主要成分である窒素の循環を軸に評価することを目的とした。具体的には、(1)ブラジルの農業流域スケールを対象に水輸送にともなう窒素の動態(汚染、温室効果ガス排出など)を明らかにするとともに、土地利用ごとの窒素循環を定量的に評価し、(2)農地および都市域を含むブラジルの州(河川流域)スケールでの窒素循環を定量的に評価し、さらに(3)ブラジル国内の異なる州を含むスケールでの窒素循環を考慮した農業の持続可能性について評価を行うこととした。

3. 研究の方法

本研究では、世界的な農業大国のブラジルを対象に窒素循環の定量的評価を行うため、特に、ブラジルの代表的な農作物であるサトウキビの生産量が国内最大のサンパウロ州を主な対象とし、以下の方法で研究を実施した。また、現地での調査および情報収集にあたっては、サンパウロ大学のRicardo Hirata教授、Fernando Saraiva上級研究員、Edson Wendland教授と各研究室のメンバー、およびRicardo Shirota教授の全面的な協力のもとで実施した。

(1) 農業流域スケールにおける窒素循環の定量的評価

水輸送にともなう窒素の動態の解明

サンパウロ州の農業流域として、ヒオ・クラロ、ピラスマンガ、およびサン・カルロスの3箇所の試験地を対象に約2ヶ月おきに地下水および地表水の調査を実施し、現地で電気伝導度、水温、溶存酸素濃度(DO)、酸化還元電位(ORP)、pH、および地下水位などの測定を行い、採水した試料については窒素をはじめとする主要溶存成分(栄養塩、陽・陰イオン)、水の水素、酸素安定同位体比(δD 、 $\delta^{18}O$)および硝酸(NO_3^-)の窒素および酸素の安定同位体比($\delta^{15}N$ 、 $\delta^{18}O$)、溶存亜酸化窒素(N_2O)ガスなどの定量分析を行った。それらの結果をもとに、土地利用別の窒素汚染度合いとその季節変化を確認するとともに、地下水中の窒素の起源を推定した。

土地利用ごとの窒素循環の定量的評価

(1)の現地水質調査結果から土地利用と水系への窒素負荷との関係を考察するとともに、既存文献・データにより土地被覆・土地利用別(サトウキビ、大豆、トウモロコシなど)および地域・流域別の窒素収支を収支項目(施肥量F、窒素固定量BNF、沈着量D、収穫量H、揮散量V、脱窒量DN、溶脱量L、土壌侵食SR、河川流出量R、土壌窒素量SOMなど)に計算・評価し、窒素から見たブラジル農業の持続性を考察した。

(2) 河川流域スケールでの窒素循環の定量的評価

サンパウロ州を流れる主要な河川流域として、ティエテ川流域(流域面積およそ15万 km^2 、流路長1,150km)を対象に、準分布型水文流出モデル(SWATモデル、version 2012rev.664)を用いて日単位での流出解析を行った。解析期間はパラメータ校正・検証期間を含めた2005~2014年の10年間とした。モデル構築には、標高(1kmメッシュ)、土壌(1/500万)、土地利用(1/10万)、気象データ(降水量、気温、風速、相対湿度、日射量、計71観測所)を使用した。水文パラメータの校正は、ダムの影響を受けない複数の支流流域(Itapolis、Ibitinga、Boa Esperança do Sul、Conchas)における実測の日流量データをサンパウロ州治水・電力エネルギー局より入手し、SUFI-2法によって実施した。

(3) ブラジル国内の窒素循環を考慮した農業の持続可能性の評価

栽培作物の変更や生産量の増加の著しいサトウキビを対象に、サトウキビ生産に伴う窒素排出による環境負荷量について、人文社会環境の地域的差異を指標に入れ、持続可能な社会の構築と環境負荷とのバランスについて評価を行うこととした。このため、州別の生産量、栽培面積などのサトウキビに関するデータ、人口構成、人件費などの社会環境データについては、サ

ンパウロ大学 (ESALQ-LOG - Group of Research and Extension in Agroindustrial Logistics) への聞き取りと、ブラジル地理統計院 (IBGE) および Web 上で公開されている情報ソースから収集した。

4. 研究成果

(1) 農業流域スケールにおける窒素循環の定量的評価

水輸送にともなう窒素の動態の解明

ブラジル・サンパウロ州における3箇所(ヒオ・クラロ、ピラスマンガ、サン・カルロス)の農業試験地において、定期的な地下水および地表水の調査および水試料の定量分析を実施した結果、 NO_3^- の $\delta^{15}\text{N}$ および $\delta^{18}\text{O}$ の値から、地下水および地表水中の窒素は農業用の化学肥料および有機肥料に由来していることが明らかになった。しかしながら、硝酸性窒素(NO_3^- -N)濃度は年間を通して全体的に低く、季節変化も小さく、多くの地点において深刻な硝酸汚染のレベルには達していないことが確認された。これらの結果から、ブラジルの農地では肥料として投入された窒素が作物に効率的に吸収される、あるいは土壤中にトラップされるなどして、地下水や地表水への負荷は比較的小さくなっていることが示唆された。その一方で、柑橘畑などの肥料投入量が顕著に大きいエリアでは局所的に高い NO_3^- -Nが検出され、土地利用によっては汚染のリスクが高いことも明らかになった。また、このようなエリアでは、地下水中の N_2O ガスの濃度も高い傾向を示したことから、水環境だけでなく大気への温室効果ガスの負荷という点でも、今後の継続的なモニタリングおよび定量的な評価が必要であると考えられる。

土地利用ごとの窒素循環の定量的評価

土地利用別(原植生としてのセラード - Cerrado 熱帯サバンナ -、サトウキビ、大豆、トウモロコシ、草地、ユーカリ)の窒素収支では、図1のように農地において窒素の出入りが大きい。傾向としては作物の収穫にともなう窒素の持ち出しが多く、長期的には土壌の疲弊をもたらす懸念があることが判明した。原生植生のセラードは土壌に窒素の蓄積が比較的あり、草地や農地へ転換された後の低投入農業を支えてきた可能性がある。サトウキビでは収支はほぼ均衡しているが、施肥量の増加が水系汚染などを顕在化させる可能性がある。大豆では、窒素固定量が非常に大きい。それ以上の作物生産量による持ち出し、そして輸出がある。草地や林地での窒素の収支は小さいが、ユーカリでは伐採による持ち出しが大きい。ブラジルの流域、地域からの窒素の河川への流出(濃度)量は、農地における窒素収奪の傾向が強い。また農作物の海外への輸出のため国内での負荷は少ない。世界的に見ると少ない・低い傾向にある。下水の未

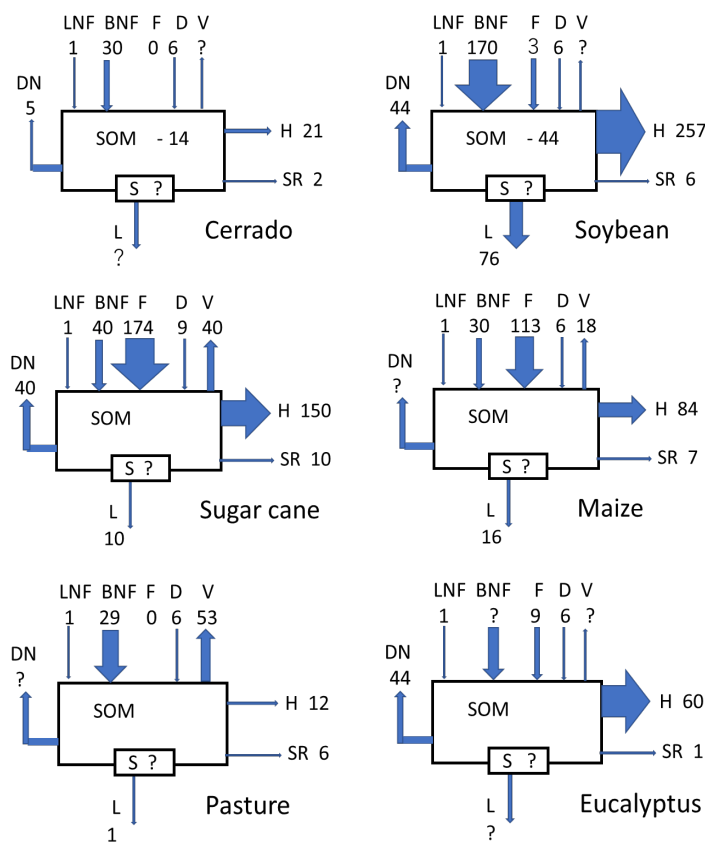


図1 ブラジル土地利用別窒素収支 (単位: kgN/ha/yr)

処理などによる都市周辺での水質悪化、一部の地域での地下水汚染が見られるものの、一般には良好である。しかし、持続可能性という視点から見ると、土壌からの窒素の収奪傾向、大量の窒素固定、そして大量の食料輸出、また今後の想定される施肥量の増加は、ブラジル、そして地球規模の窒素問題の複雑さ、解決の困難さを示している。対応策としては、収穫残渣、サトウキビの絞りかす、エタノールの生産廃液(vinasse)、畜産廃棄物などのより積極的な農地還元が期待される。

(2) 河川流域スケールでの窒素循環の定量的評価

サンパウロ州のティエテ川流域を対象としたSWATモデルによる河川流量の再現性は、複数の統計指標から解析に耐えうる精度を持つと評価された。水文パラメータの感度分析では地下水流出係数、土壌保水性係数、降雨→流出係数の順で感度が高かったことから、ティエテ川では地下水流出が河川流量に比較的大きい影響を及ぼしていることが示唆された。一方、気象条件による河川流量の季節変動は非常に大きく、降水量の少ない8~9月には非常に少なくなるが、

本流沿いの大規模ダムによって流量は安定化された。サトウキビ畑での窒素収支の推定結果は、施肥窒素のほぼ全てが吸収され、土壌有機物分解による僅かな可給態窒素を合わせても窒素飢餓状態にあり生育が制限されていることを示した。このことから、サトウキビ畑からの窒素流出量は非常に少ないと考えられた。単位面積当たりの窒素負荷は、農地よりも都市（サンパウロ市）からの発生量の方が多かった。ただし、流域内で発生した窒素負荷の多くは本流沿いのダムにトラップされ、下流への負荷は想定していたよりも少ない結果となった。以上より、ティエテ川流域は農地よりも都市部が主な窒素負荷源となっており、雨季にその多くが流出するが、本流沿いのダムにトラップされ、流域からの窒素負荷量は比較的少ないことがSWATモデル解析から明らかとなった。

(3) ブラジル国内の窒素循環を考慮した農業の持続可能性の評価

サトウキビの栽培面積はブラジルの各地域で増加傾向にあるものの、最大の生産地であるサンパウロ州をはじめとした南東部地域やブレナンブコ州をはじめとした北東部地域において、近年は生産量が頭打ちになっている傾向がみられた。この背景にはハーベスタとよばれる機械による収穫や南東部地域における人件費の高騰、地域によって異なる施肥の状況とその経費など社会的要因によるところが大きいことが判明した。一方、人件費が安い北東部地域などでは生産量は低いものの生産効率的には採算ベースを確保している状況が確認された。効率的な経済収支を考えたとき、オーガニックシュガーの生産に取り組む農家が南東部地域で活発化しており、従来バイオエタノール生産を念頭に置いた生産拡大路線から、経営効率を求めた新たな経営形態が生まれている状況がある。現在バイオエタノール生産についてはトウモロコシの栽培面積も増加傾向にあることから、環境エネルギー生産におけるサトウキビおよび新規作物の栽培形態の変化に注視する必要がある。また、人権をはじめとした経済力の地域格差が存在している現状において、今後、サトウキビ栽培をとりまく地域の持続可能な社会の構築・維持を考えたとき、環境負荷との兼ね合いによるバランスのある地域の発展について考察する必要がある。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 9 件)

1. Zhu, A., Saito, M., Onodera, S., Shimizu, Y., Jin, G., Ohta, T., Chen, J. (2019): Evaluation of the spatial distribution of submarine groundwater discharge in a small island scale using the ²²²Rn tracer method and comparative modeling, *Marine Chemistry*, 査読有, 209, 25-35, doi.org/10.1016/j.marchem.2018.12.003.
2. Saito, M., Onodera, S., Jin, G., Shimizu, Y., Taniguchi, M. (2018): Nitrogen dynamics in a highly urbanized coastal area of western Japan: impact of sewage-derived loads, *Progress in Earth and Planetary Science*, 査読有, 5:17, 1-11, doi.org/10.1186/s40645-018-0177-6.
3. 田瀬則雄 (2016) : 水循環基準達成率の評価に関する考察と評価法の提案, *日本水文科学会誌*, 査読有, 3, 175-184, <https://doi.org/10.4145/jahs.46.175>.
4. 高橋英博・松森堅治・渡邊修一・清水裕太・小野寺真一 (2016) : 地下水中の窒素を再利用する温州ミカンマルドリ方式の環境影響評価, *日本水文科学会誌*, 査読有, 3, 235-247, <https://doi.org/10.4145/jahs.46.235>.
5. 渡邊修一・笠原賢明・松森堅治・清水裕太・向井章恵・小野寺真一 (2016) : 周年マルチ点滴灌水同時施肥法の導入がカンキツ園での窒素溶脱に及ぼす影響, *日本水文科学会誌*, 査読有, 3, 249-262, <https://doi.org/10.4145/jahs.46.249>.
6. 小野寺真一・齋藤光代・清水裕太 (2016) : 沿岸巨大都市における地下水水質汚染の傾向について, *Kansai-Geo Symposium2016 論文集*, 査読有, 83-86.

[学会発表](計 43 件)

1. Tase, N. “Can the Brazilian agriculture overcome nitrogen problems ?.” International symposium in JAHS annual meeting, 2018 (invited).
2. Saito, M., Tase, N., Saraiva, F., Terada, R., Hirata, R., Wendland, E., Onodera, S., Tomozawa, Y., Rusydi, A., Fukuoka, M. “Nitrogen dynamics in groundwater of agricultural area in southeastern Brazil.” International symposium in JAHS annual meeting, 2018.
3. Shimizu, Y., Saito, M., Onodera, S., Fukuoka, M., Hirata, R., Saraiva, F., Terada, R. “An assessment of the impact of abandoned cultivated land on runoff and sediment discharge in a watershed scale.” International symposium in JAHS annual meeting, 2018.
4. Miyaoka, K., Fukuoka, M., Tase, N., Onodera, S., Saito, M., Shimizu, Y., Shirota, R. “Possibility of Nitrogen Emissions Evaluation from the Viewpoint of State - Scale Agricultural Product Production and Transport in Brazil.” International symposium in JAHS annual meeting, 2018.
5. Saito, M., Tase, N., Onodera, S., Saraiva, F., Terada, R., Hirata, R., Wendland, E., Tomozawa, Y., Rusydi, A., Fukuoka, M. “Nitrogen status of groundwater in agricultural area with several land use, southeastern Brazil.” 45th IAH congress, 2018.
6. Onodera, S., Saito, M., Onishi, K., Aritomi, D., Tomozawa, Y., Jin, G. “The effect of intensive agriculture on nitrous oxide emission from a coastal aquifer.” 45th IAH congress, 2018.

7. Saito, M., Tase, N., Saraiva, F., Terada, R., Hirata, R., Wendland, E., Onodera, S., Tomozawa, Y., Fukuoka, M. “Nitrogen in groundwater of agricultural areas in Sao Paulo State, Brazil.” JpGU-AGU Joint Meeting, 2018.
8. Tase, N., Saito, M., Shimizu, Y., Miyaoka, K., Fukuoka, M., Onodera, S., Hirata, R., Saraiva, F., Terada, R., Shiota, R., Wendland, E. “Nitrate concentrations of groundwater and surface water in Sao Paulo State, Brazil. The reasons why they are low.” JpGU-AGU Joint Meeting, 2018.
9. Shimizu, Y., Saito, M., Onodera, S., Fukuoka, M., Hirata, R., Saraiva, F., Terada, R. “An assessment of Water and Nutrient dynamics in a large agricultural watershed in Brazil using SWAT model.” JpGU-AGU Joint Meeting, 2018.
10. Miyaoka, K., Fukuoka, M., Tase, N., Onodera, S., Saito, M., Shimizu, Y., Shiota, R. “Possibility of Nitrogen Emissions Evaluation from the Viewpoint of State-Scale Agricultural Product Production and Transport in Brazil.” JpGU-AGU Joint Meeting, 2018.
11. 宮岡邦任・吉田圭一郎・山下亜紀郎・羽田 司・Marcelo Eduardo Alves Olinda・Armando Hideki Shinohara・Frederico Dias Nunes・大野文子 “ブラジル・セルトンの水文環境と人間活動(11) —灌漑による塩類集積の検討—” 日本地理学会春季学術大会, 2018年.
12. 吉田圭一郎・宮岡邦任・山下亜紀郎・羽田 司・Marcelo Eduardo Alves Olinda・Armando Hideki Shinohara・Frederico Dias Nunes・大野文子 “ブラジル・セルトンの水文環境と人間活動(10) —灌漑による水文環境の変化が周辺植生に与える影響—” 日本地理学会春季学術大会, 2018年.
13. 山下亜紀郎・羽田 司・宮岡邦任・吉田圭一郎・Marcelo Eduardo Alves Olinda・Armando Hideki Shinohara・Frederico Dias Nunes・大野文子 “ブラジル・セルトンの水文環境と人間活動(9) —日系入植者たちの社会・経済の変遷—” 日本地理学会春季学術大会, 2018年.
14. 清水裕太・松森堅治・小野寺真一 “GISおよび流域モデル研究の現状と展望.” 日本水文科学会学術大会, 2017年.
15. Shimizu, Y., Onodera, S., Matsumori, K. “A review of SWAT model on application for estimating nutrient dynamics in agricultural watersheds.” JpGU-AGU Joint Meeting, 2017.
16. Tomozawa, Y., Onodera, S., Saito, M., Aritomi, D. “Estimation of recharge temperature, flow and denitrification in coastal groundwater, using dissolved gas.” JpGU-AGU Joint Meeting, 2017.
17. Bai, J., Onodera, S., Jin, G., Saito, M., Shimizu, Y. “Effect of groundwater recycle system on nitrate load distribution in an agricultural area, Japan.” JpGU-AGU Joint Meeting, 2017.
18. 吉田圭一郎・宮岡邦任・山下亜紀郎・羽田 司・Marcelo Eduardo Alves Olinda・Armando Hideki Shinohara・Frederico Dias Nunes・大野文子 “ブラジル・セルトンの水文環境と人間活動(8) 土壌水分にตอบสนองするカーチンガ構成樹木の葉フェノロジー.” 日本地理学会春季学術大会, 2017年.
19. 山下亜紀郎・羽田 司・宮岡邦任・吉田圭一郎・Marcelo Eduardo Alves Olinda・Armando Hideki Shinohara・Frederico Dias Nunes・大野文子 “ブラジル・セルトンの水文環境と人間活動(7) 水利事情からみた灌漑果樹農業の持続性.” 日本地理学会春季学術大会, 2017年.
20. 羽田 司・山下亜紀郎・宮岡邦任・吉田圭一郎・Marcelo Eduardo Alves Olinda・Armando Hideki Shinohara・Frederico Dias Nunes・大野文子 “ブラジル・セルトンの水文環境と人間活動(6) 世界金融危機後の灌漑果樹生産地域の変容.” 日本地理学会春季学術大会, 2017年.
21. Shimizu, Y., Onodera, S., Matsumori, K. “Modeling of the effect of abandonment process of cultivated land on water quantity and quality using SWAT in hilly watersheds of western Japan.” AGU Fall Meeting, 2016.
22. Bai, J., Onodera, S., Jin, G., Saito, M., Shimizu, Y., Matsumori, K. “Effect of groundwater recycle system on nitrate load distribution in an agricultural island, Japan.” AGU Fall Meeting, 2016.
23. 清水裕太・松森堅治・小野寺真一 “流域スケールでの水・土砂流出に及ぼす耕作放棄地の影響評価.” 日本水文科学会学術大会, 2016年.
24. 白 佳卉・小野寺真一・金 広哲・齋藤光代・清水裕太・松森堅治 “農業の盛んな島での地下水再利用システムの適用とその硝酸態窒素流出に及ぼす影響について.” 日本水文科学会学術大会, 2016年.

〔図書〕(計 2 件)

- 小野寺真一・齋藤光代・北岡豪一(編著)(2018): 瀬戸内海流域の水環境 - 里水 - 吉備人出版, 266 ページ.
 齋藤光代・小野寺真一・清水裕太(2017): 陸域の地形と地下水流動に基づく海底湧水の評価, 地下水・湧水を介した陸 - 海のつながりと人間社会(小路 淳・杉本 亮・富永 修 編) 水産学シリーズ 185, 27-37.

〔その他〕

(1) ホームページ

http://earthresources.sakura.ne.jp/er/Etc_BR_KAKEN.html

(2) 国際ワークショップ・シンポジウムの開催:

1. International workshop of nitrogen balance in the state of Sao Paulo, Brazil for the sustainable agriculture, 2016 年, Sao Paulo.
2. International workshop of plot-scale studies to evaluate soil and nutrient losses, 2017 年, Sao Paulo.
3. International symposium on "Nutrient transport and cycle driven by water cycle in tropical and subtropical region", 2018 年, 京都.
4. 10th terrestrial environmental research workshop, 2018 年, 広島.
5. 12th terrestrial environmental research workshop, 2019 年, 広島.
6. International research workshop for nitrogen cycle in Brazil, 2019 年, Sao Paulo.

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：齋藤 光代

ローマ字氏名：(SAITO, Mitsuyo)

所属研究機関名：岡山大学

部局名：大学院環境生命科学研究科

職名：准教授

研究者番号（8桁）：20512718

研究分担者氏名：田瀬 則雄

ローマ字氏名：(TASE, Norio)

所属研究機関名：筑波大学

部局名：生命環境系

職名：名誉教授

研究者番号（8桁）：40133011

研究分担者氏名：宮岡 邦任

ローマ字氏名：(MIYAOKA, Kunihide)

所属研究機関名：三重大学

部局名：教育学部

職名：教授

研究者番号（8桁）：70296234

(2)研究協力者

研究協力者氏名：清水 裕太

ローマ字氏名：(SHIMIZU, Yuta)

研究協力者氏名：ヒラタ リカルド

ローマ字氏名：(HIRATA, Ricardo)

研究協力者氏名：サライバ フェルナンド

ローマ字氏名：(SARAIWA, Fernando)

研究協力者氏名：ウェンドランド エドソン

ローマ字氏名：(WENDLAND, Edson)

研究協力者氏名：シロタ リカルド

ローマ字氏名：(SHIROTA, Ricardo)

研究協力者氏名：テラダ ラファエル

ローマ字氏名：(TERADA, Rafael)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。