

令和 4 年 6 月 25 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H03951

研究課題名(和文) 超低投入持続型水稲栽培システムのメカニズム解明と応用技術の開発

研究課題名(英文) Mechanism and development for a sustainable rice cultivation system with extreme low level of input

研究代表者

上野 秀人 (UENO, HIDETO)

愛媛大学・農学研究科・教授

研究者番号：90301324

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：肥料や農薬を全く施用しない超低投入持続型水稲栽培水田において水稲栽培実験を5年間継続して行った。水稲生育は圃場毎の変動はあるが、旺盛であり、収量は慣行栽培と同程度であった。栽培継続年数が進むほど可給態リン酸含量が低下し、水稲生育や収量に大きく影響したため、土壌還元等によるリンの可給化技術を組み合わせる必要が明らかになった。マメ科緑肥の施用は、土壌微生物活性を高め、炭素、窒素、リンに関する土壌酵素活性も増加し、代謝回転が高くなることを明らかにした。土壌の細菌群衆構造解析では、慣行区と大きな差は見られなかったが、落水時に特定細菌群が増加する傾向が見られた。雑草エンドファイトの窒素固定が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

養分・元素動態測定手法を確立することで、フィールド研究遂行の効率化が行えた。水田生態系における生物群衆の土壌肥沃度に関する能力の新規評価に貢献できた。資材調達が難しい途上国等の農業に対する技術応用が期待できる。低投入持続型水稲栽培システムにおける農耕地生態系機能の知られざる一端が明らかとなった。

以上のことから、土壌学、作物栽培学、環境学、アグロエコロジー分野へ貢献できる。これにより、水稲栽培の省エネ、省資源、低コスト栽培の道が開け、我が国のフードセキュリティの問題解決に資することができる。

研究成果の概要(英文)：A paddy rice cultivation experiment was conducted continuously for five years in the Ultra-low Input Sustainable Paddy Rice System which no fertilizers or pesticides were applied. The rice growth was vigorous and yields were comparable to those of conventional cultivation, although there was some variation from field to field. As the cultivation continued for longer periods, the amount of available phosphate decreased, which significantly affected the growth and yield of paddy rice. Application of leguminous green manure increased soil microbial activity, as well as soil enzyme activities related to carbon, nitrogen, and phosphorus, resulting in higher metabolic turnover. Bacterial community structure analysis of the soil showed no significant differences from the conventional plot, but there was a trend toward an increase in specific bacterial groups during water drainage. Nitrogen fixation by weed endophytes was newly discovered.

研究分野：土壌肥料学

キーワード：水稲 持続的農業 水田土壌 養分動態 微生物相解析 土壌酵素 生物多様性 マメ科緑肥

1. 研究開始当初の背景

(1) 我が国で使われている窒素肥料は石油を、リンやカリウム肥料は鉱石原料を全て海外から輸入して加工し、現在の日本農業を支えている(農林水産省 2015)。我が国の食料供給は、100%の肥料輸入に依存している現状であり、フードセキュリティの面からも大きな問題である。さらに世界中の国々でリンやカリウムなど有限肥料資源の奪い合いが始まっており、価格は高騰し、輸出入制限も行われているが、このことはウクライナ紛争が発端になり、さらに問題が大きくなった。EU 諸国では農業分野はもとより様々な分野の研究者により、リン資源等の有効利用に関する会議が数多く開催され取り組みが始まっている。

(2) 資源のない日本農業は率先して従来の「輸入依存」から「資源有効利用」へ大きくパラダイムシフトしなければならない。国策研究として、リンの回収技術開発研究の取り組みが行われているが、肝心の農業現場での低投入栽培体系に関する研究は見当たらない。

(3) 愛媛大学農学部附属農場では、超低投入水稲栽培圃場を設け、継続して栽培研究を行ってきた。研究開始当初は、10 年を超える安定生産を予測していなかった。むしろ数年後に収量が低下した時に問題点を精査・探索し、必要最低限の施肥や補足的な土壌管理を行うことにより、持続型栽培システムを再構築することを本来の目的としていた。しかしながら 10 年を超えた現在は、水稲生育や収量がより安定している。雑草や病害虫被害も軽微である。これらの結果は予想外であり、これまでの常識を越えるものであることから、低投入を可能にしているメカニズムの解明を行うことが非常に重要であり、学問的価値が高いと逆に発想し、本申請課題の立案に至った。

(4) 以上の経緯から、本研究の遂行においては未知なる結果が予測されるため、常識や過去の知見にとらわれず着実に正確なデータを蓄積し、詳細な元素動態解析を行うことが本研究遂行の基盤になると考えられた。申請者はこれまでに、安定同位体元素 (^{13}C 、 ^{15}N) を用いた生体元素動態の解明、土壌有機物の分画、有効態土壌養分の分析、ガス発生測定、DNA 解析による土壌微生物生態解明、土壌微生物バイオマス測定、作物形態学および栽培学的評価、植物体内の元素転流、数値モデルによる解析研究を多数行ってきた。

2. 研究の目的

(1) 従来から水田は元来、土壌肥沃度が維持されやすいと考えられてきたが、本申請課題のような超低投入栽培システムの研究は行われていなかった。本研究では、現実に行われている本栽培システムのメカニズムを養分・元素動態を正確に測定し、詳細に解明、評価することで、他地域での技術移転が可能であるかを検討する。

(2) 土壌・植物・土壌動物・微生物の元素保持・供給能力を明らかにし、適用条件や範囲を明確化する。

(3) 低投入持続型水稲栽培システムとしての多面的な評価を行う。

(4) 土壌中の元素動態を担っている土壌微生物(細菌)の群集構造を解析し、持続的な土壌肥沃度維持にどのような微生物が関与しているかを遺伝子レベルで解析する。

3. 研究の方法

(1) 超低投入水稲栽培システムのメカニズム解明と応用技術開発である。研究期間内に以下の点を明らかにする。研究計画の進め方として、基礎データ収集から応用、深化研究へと展開させた。具体的な方法は下記のとおりである。

研究フィールドにおける元素動態測定手法を構築し、水稲栽培研究を行う。

定期的に土壌、作物、緑肥、雑草、環境水、ガス等の元素濃度や移動量を測定する。

雑草等の窒素固定菌エンドファイトの探索等、土壌生物の元素同化および保持能力を明らかにする。

土壌中の炭素・窒素・リン・ミネラル保持機能・供給作用機作を調べるため、成分分画を行う。

土壌微生物群集構造解析を行い、土壌微生物の観点から土壌養分状態を解析する。

4. 研究成果

(1) 水稲生育と収量を 5 年間連続して計測を行ったところ、超低投入持続型水稲栽培システム(緑肥区)の収量は、年次変化はあるが、慣行区とほぼ同等の生育と収量を示した。本栽培システムは 15 年を経過しても安定して水稲生産が行えることが明らかになった。しかしながら緑肥区においても水田ごとに生育が異なり、15 年以上の連続栽培を行っている水田では、やや生育が劣る傾向が見られた。土壌中に蓄積されているリン量は、十分であることから、土壌の還元

化等、リンの可給態化技術を進めることにより、今後は、資材調達が難しい途上国等の農業に対して、技術移転や応用が期待できると考えられる。

(2) 土壌中の養分動態の解析を行った。水稻栽培期間およびその前後における土壌中のアンモニア態窒素濃度(図1左)は、緑肥区の濃度が高く、十分量の窒素がマメ科緑肥により供給されたことが明らかとなった。一方、リン酸濃度(図1右)は、緑肥区の方が慣行区より低く推移し、水稻栽培を可能とする最低レベルであった。これは、緑肥区は外部からのリン酸の投入がないためと考えられる。土壌中のリンは十分量存在したが、Fe型、Al型が多かったため、還元状態に保つなどの可溶化技術を導入する必要があることも明らかにした。各種養分・元素動態測定手法を確立したところから、フィールド研究遂行の高効率化の問題が解決できると考えられる。

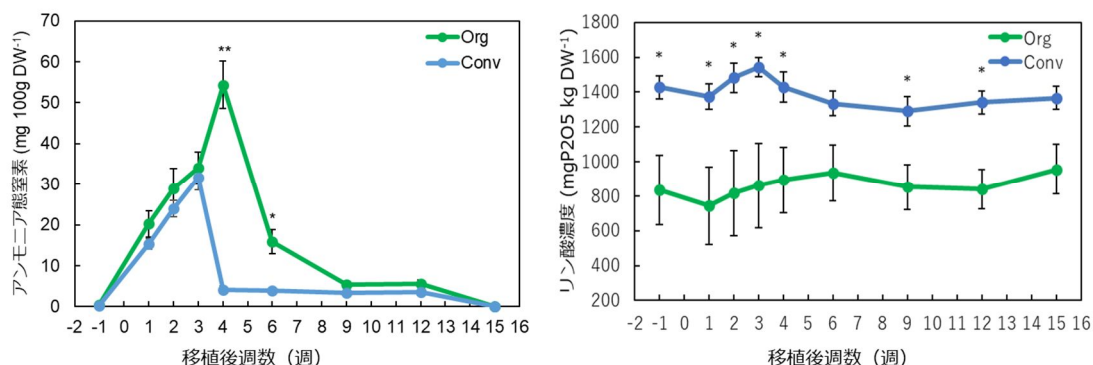


図1 土壌中のアンモニア態窒素濃度(左)とリン酸濃度(右)の推移
Org(緑)は超低投入持続型水稻栽培システム区(緑肥区)、Conv(青)は慣行区を示す。

(3) 土壌中の元素や養分として重要である炭素、窒素、リンは、主に微生物により代謝回転がなされている。そしてそれらは土壌酵素活性に表れると考えられる。β-グルコシダーゼ(図2左)、プロテアーゼ(図2右)および酸性フォスファターゼ(図示せず)は、栽培期間中、緑肥区の活性が常に高く、土壌微生物が炭素、窒素、リンの回転率を高めていることが明らかとなった。回転率が高いことにより、これら養分に対する水稻吸収も高まるものと考えられる。

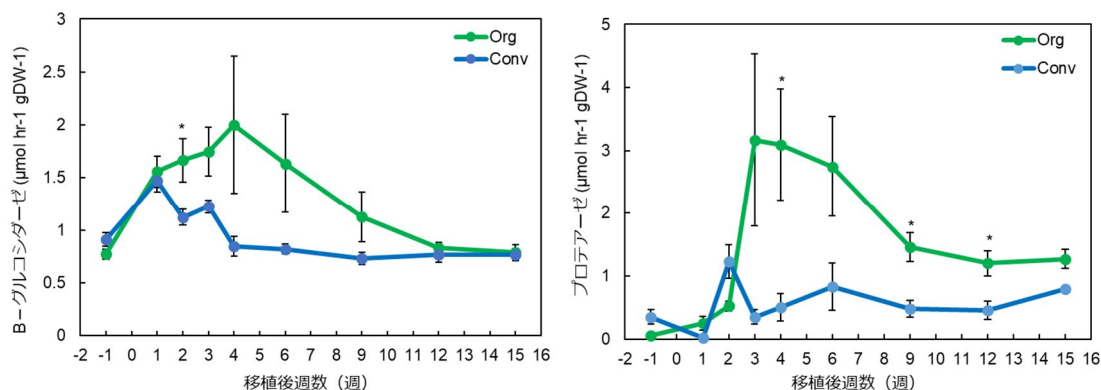


図2 土壌プロテアーゼ活性(左)と酸性フォスファターゼ活性(右)の推移
Org(緑)は超低投入持続型水稻栽培システム区(緑肥区)、Conv(青)は慣行栽培区を示す。

(4) 土壌酵素化学量論を用いた緑肥水田の微生物による養分利用性の解明を行った。β-グルコシダーゼ(炭素動態)、プロテアーゼ(窒素動態)、酸性フォスファターゼ(リン動態)の酵素活性比を用いることにより、ベクトル解析を行い、土壌微生物の栄養状態の判定を行った。慣行区(図3左)では、有機物が投入されていないため、緑肥区と比べCが不足している時期が続いた可能性が示唆された。β-グルコシダーゼ活性に対する酸性フォスファターゼ活性の比率、およびプロテアーゼ活性の比率は、イネの窒素吸収と正の相関を示した。一方、緑肥区では、栽培初期はリン不足となり、その後、窒素とリン不足へと推移することが明らかになった(図3右)。これは炭素が豊富に含まれている緑肥を大量に施用したことで、微生物が利用可能な炭素源が増加し、もともとリンが不足していた状態に加え、イネの成長が進むにつれて窒素も不足していくことが明らかになった。外部からリンを投入していないので、緑肥区は緑肥施用前からリン不足であったと考えられる。またベクトル長の比較により、慣行区は緑肥区よりも有意にCが不足している時期が長かったことが明らかになった。土壌中の窒素とリンの利用性(有効量)が高いとイネの生育が向上することから、上記のように土壌酵素活性比を用いることにより、土壌中の生理学的な養分状態を表せる可能性が高く、土壌中の主な養分の有効性を判断できる技術として有効であることを明らかにした。

(5) 水稻栽培期間中の土壌の理化学性および土壌酵素活性の値を主成分分析により解析した(図4)。PC1については、多くの項目の固有値が高く、これらの項目が主要な土壌養分を大きく影響を与えていることを明らかにした。一方、可給態リン含量(AP)とプロテアーゼ活性(PR)の固有値はPC2において比較的高い数値を呈したことから、可給態リン含量とプロテアーゼ活性は、お互いに関係しながら、他の土壌酵素活性、土壌の理化学性に影響を与えていたと考えられた。両区とも栽培時期別にプロットが移動していることが確認され、土壌中の栄養状態や酵素活性が経時的に変化することが示された。栽培初期は慣行区、緑肥区とも養分施用が大きく影響したため、PC1の各種項目の影響が強く表れたと考えられる。栽培後期になると慣行区は中央付近に集中する傾向が見られた(図4左)。

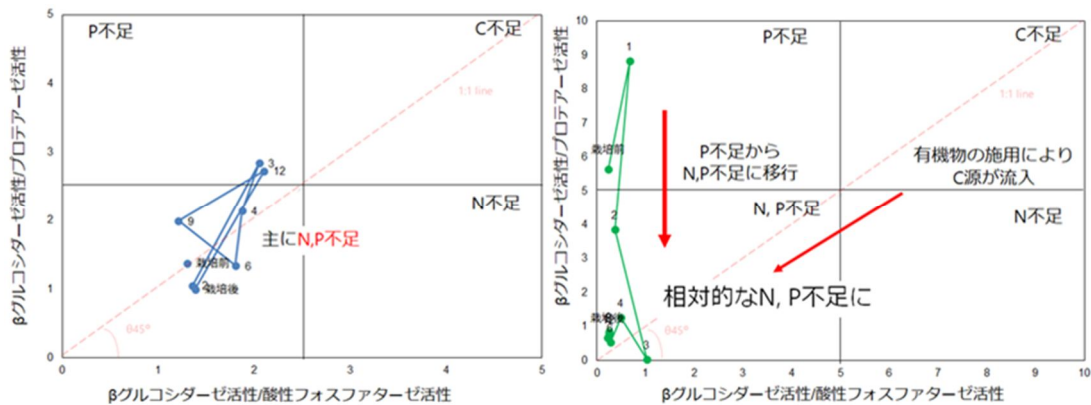


図3 土壌中の β -グルコシダーゼ、プロテアーゼおよび酸性フォスファターゼの活性比プロット
X軸は、酸性フォスファターゼに対する β -グルコシダーゼ活性の比率を、Y軸はプロテアーゼに対する β -グルコシダーゼ活性の比率、数字は移植後の週数を示す。

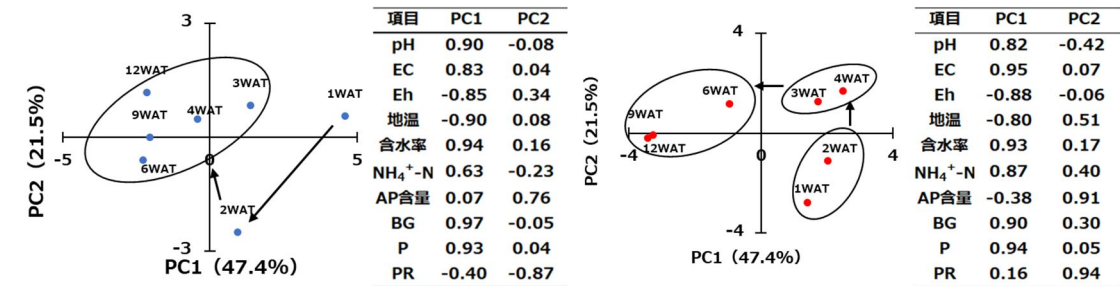


図4 土壌の理化学性および土壌酵素活性の主成分分析結果(左:慣行区、右:緑肥区)
数字は移植後週数を表す。AP:可給態リン酸、BG: β -グルコシダーゼ活性、P:フォスファターゼ活性、PR:プロテアーゼ活性

(6) 根圏土壌における窒素固定活性は、移植後週数が進むほど増加し、イネの生育と共に根圏土壌の微生物活性は増加することが確認された(図5)。栽培方法が異なると根圏土壌における窒素固定・脱窒活性に影響を与える要因は異なることが相関分析で明らかになった。また、窒素源が根圏土壌に多く存在すると窒素固定活性が減少することも明らかになった。重回帰分析では、緑肥区の窒素固定活性は、土壌中の有機態窒素量に強い負の影響を受け、慣行区では無機態窒素量に強い負の影響を受けていた。また、脱窒活性は栽培方法に関わらず、有機態窒素の含量が多いと脱窒活性が抑制されていた。窒素が有機態で土壌に存在することにより、脱窒の基質であるアンモニアが少なく、硝化の速度が減少し、それにより脱窒が抑制される可能性が示唆された。

(7) 圃場は、秋~冬の期間、クローバーとともに雑草も生育する。特にスズメノテッポウの生育が旺盛であり、部分的に繁茂する現象が見られた。このことから、雑草のエンドファイト(内生菌)に窒素固定菌が生息している可能性が考えられるため、スズメノテッポウのエンドファイト窒素固定活性を測定したところ、慣行区と緑肥区とも窒素固定活性が認められた(表1)。スズメノテッポウのエンドファイトが窒素固定を行う現象は本研究により初めて発見された。緑肥区では4圃場から採取したが、圃場より窒素固定活性は大きく異なった。スズメノテッポウエンドファイトによる窒素固定は、図5に示した出穂・開花期の根域土壌の窒素固定活性とは無関係である可能性が示唆された。

(8) 出穂開花期(移植後9週後)に水稻株元の表層10cmの土壌を採取し、根圏土壌の細菌群集

構造を解析した(図6)。両区とも門レベルにおいて、根圏土壌の微生物群集構造に大きな違いは見られなかったが、慣行区では *Nitrospirae* 綱が多く、緑肥区ではシアノバクテリア、プロテオバクテリア綱の細菌が多く検出された。*Nitrospirae* 綱の細菌は硝化細菌が含まれており、N源としてアンモニア態 N を施用したことから増加したと考えられる。一方、緑肥区では、*Proteobacteria* 綱などの複雑な有機物を資化する細菌が多く属しており、有機物として緑肥を投入しているために増殖したと考えられた。また *Cyanobacteria* 綱の細菌は、除草剤散布により、その生育と窒素固定能が減少することが知られており、除草剤を散布していない緑肥区において多く検出されたと考えられる。さらに、ガンマプロテオバクテリア属は、緑肥区の根圏土壌において特に多く検出され(図6右) 中でも、*Crenothrix* や *Methylomonas* 属などの有機物資化細菌(メタン資化細菌)が多く検出された。緑肥として多量の有機物が施用されたため、有機物資化細菌が増加したと考えられた。このように土壌細菌の群集構造を遺伝子レベルで明らかにすることにより、水田生態系における生物群集の土壌肥沃度に対する影響に関する能力の新規評価に貢献できる。

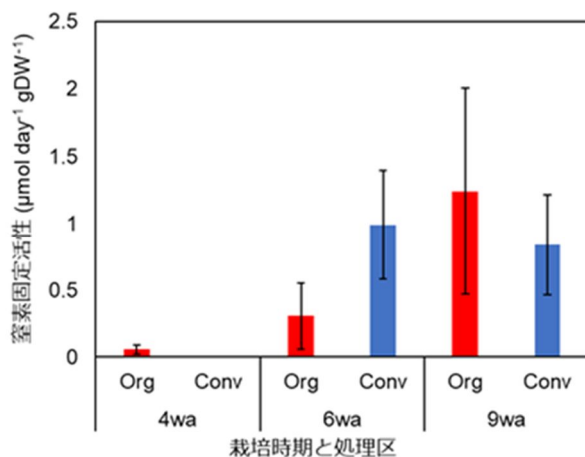


表1 雑草スズメノテッポウのエンドファイトの窒素固定活性

| 処理区 | 窒素固定活性 |
|------|---|
| | ($\mu\text{mol hr}^{-1} \text{Fwg}^{-1}$) |
| 慣行区 | 1.9 ± 0.21^b |
| 緑肥区1 | 14.38 ± 6.18^a |
| 緑肥区2 | 0.09 ± 0.03^b |
| 緑肥区3 | 0.37 ± 0.15^b |
| 緑肥区4 | 0 ± 0^b |

アルファベット間に有意差あり ($p < 0.01$)

図5 出穂開花時の根圏土壌における窒素固定活性の比較
Org(緑)は超低投入持続型水稻栽培システム区(緑肥区)、Conv(青)は慣行栽培区を示す。

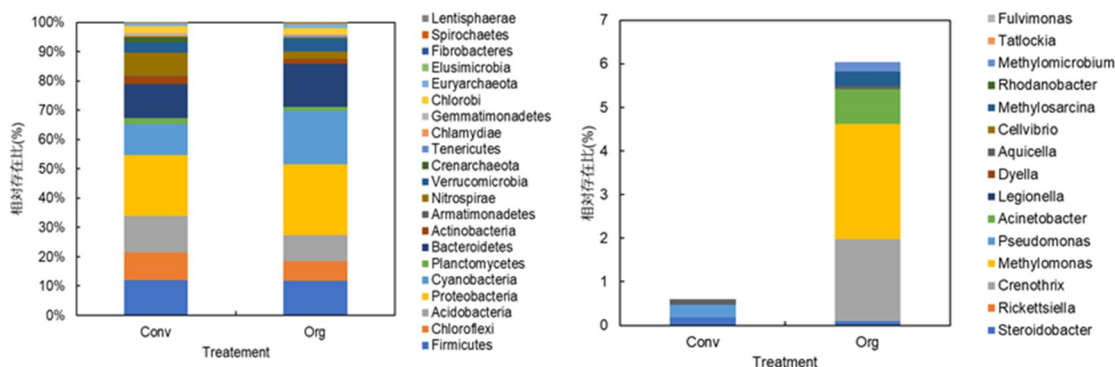


図6 移植後9週目根圏土壌の門レベルにおける細菌群集構造(左)とガンマプロテオバクテリア綱の属レベルの群集構造(右)

(9) 緑肥区では水田の田面水や表層土壌に生息する生物量(貝類、甲殻類、昆虫類、両生類、雲類、環形動物類)が多く、生物多様性も高く推移した。本栽培体系は、農業生態系における生物資源保護においても大きく貢献できる技術であることを明らかにした。

(10) 水田に有機物を施用することにより、メタンや亜酸化窒素などの地球温暖化ガス発生量が大幅に増加することが懸念される。しかし、中干しを4~7日間延長させることにより、土壌の酸化が進み、これらのガス発生を慣行栽培程度まで低下させることができ、収量にも影響がないことを明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 3件）

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Yo Toma, Nukhak Nufita Sari, Koh Akamatsu, Shingo Oomori, Osamu Nagata, Seiichi Nishimura, Benito H Purwanto, Hideto Ueno | 4. 巻 9(2) |
| 2. 論文標題 Effects of Green Manure Application and Prolonging Mid-Season Drainage on Greenhouse Gas Emission from Paddy Fields in Ehime, Southwestern Japan | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Agriculture | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/agriculture9020029 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 該当する |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 上野秀人 | 4. 巻 1652 |
| 2. 論文標題 有機農業の最近の技術動向と今後の課題 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 農業 | 6. 最初と最後の頁 26-45 |
| 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 無 |
| 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 浅木直美・上野秀人 | 4. 巻 43 |
| 2. 論文標題 下水汚泥資材施用時の作物吸収における窒素利用率の推定 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 利用と再生 | 6. 最初と最後の頁 67-71 |
| 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 無 |
| 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 上野秀人 | 4. 巻 85(10) |
| 2. 論文標題 4 持続可能な土壌を未来に残す 農業の持続と土壌保全のために | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 農業と経済 | 6. 最初と最後の頁 34-47 |
| 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 無 |
| 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 Toma Yo, Nufita Sari Nukhak, Akamatsu Koh, Omori Shingo, Nagata Osamu, Nishimura Seiichi, Purwanto Benito, Ueno Hideto | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Effects of Green Manure Application and Prolonging Mid-Season Drainage on Greenhouse Gas Emission from Paddy Fields in Ehime, Southwestern Japan | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Agriculture | 6. 最初と最後の頁 29 ~ 29 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/agriculture9020029 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

〔学会発表〕 計28件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 8件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 辻本 泰地・上野秀人・山下陽一・阿立真崇・河野貴幸・当真要 |
| 2. 発表標題 土壌酵素化学量論を用いた緑肥水田の微生物養分利用率の解明 |
| 3. 学会等名 日本土壌肥料学会関西支部2021年度講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Taichi Tsujimoto, Kazuhiro Hosoya, Hideto Ueno, Yo Toma, Yoichi Yamashita, Masataka Adachi, Takayuki Kono |
| 2. 発表標題 Growth and Yield of Rice, and Soil Enzyme Activities in Super Low External-Input Paddy Rice Field |
| 3. 学会等名 The 10th Asian Crop Science Association Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 辻本泰地・細谷和宏・上野秀人・当真要・池田成志 |
| 2. 発表標題 緑肥水田の土壌化学性が土壌酵素活性に与える影響およびスズメノテッポウに生息する微生物の窒素固定 |
| 3. 学会等名 日本土壌微生物学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 辻本泰地・細谷和宏・上野秀人・当真要・池田成志 |
| 2. 発表標題 緑肥水田における土壤酵素活性の推移および休閑期のスズメノテッポウとイネ出穂期の根域土壤における窒素固定活性 |
| 3. 学会等名 日本土壤肥料学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------|
| 1. 発表者名 永瀧泰・上野秀人・当真要 |
| 2. 発表標題 緑肥利用超低投入持続型水田の土壤動物生態 |
| 3. 学会等名 日本土壤肥料学会2019年度静岡大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 辻本泰地・上野秀人・当真要・岩田千宙・山下陽一・阿立真崇・河野貴幸・池田成志 |
| 2. 発表標題 緑肥水田における窒素固定活性と土壤酵素活性および雑草中の微生物群集構造解析 |
| 3. 学会等名 日本土壤肥料学会2019年度静岡大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 細谷和宏・野秀人・当真要・岩田千宙・辻本泰地・山下陽一・阿立真崇・河野貴幸 |
| 2. 発表標題 緑肥利用超低投入持続水田における土壤養分動態と水稲による養分吸収 |
| 3. 学会等名 日本土壤肥料学会2019年度静岡大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岩田千宙・上野秀人・当真 要・細谷和宏・中矢夏子・山下陽一・阿立真崇・河野貴幸 |
| 2. 発表標題 緑肥利用超低投入持続型水田の層位別土壌養分含量の推移 |
| 3. 学会等名 日本土壌肥料学会2019年度静岡大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 白石 航・上野秀人・当真 要・山下陽一・阿立真崇・河野貴幸・岡 寛 |
| 2. 発表標題 水田におけるクリンカー茶殻堆肥の残効評価 |
| 3. 学会等名 日本土壌肥料学会2019年度静岡大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shin Eitaki, H. Ueno, S. Kaneda and Y. Toma |
| 2. 発表標題 Effect of earthworm activity on growth of komatsuna and nitrogen dynamics by using ¹⁵ N-labeled white clover |
| 3. 学会等名 The 14th International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kazuhiro Hosoya, C. Iwata, T. Tsujimoto, H. Ueno, Y. Toma, Y. Yamashita, M. Adachi and T. Kono |
| 2. 発表標題 Application effects of green manure on growth and yield of paddy rice, and soil nutrients in low-input sustainable rice cultivation |
| 3. 学会等名 The 14th International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Wataru Shiraishi, H. Ueno, Y. Toma, H. Oka, H. Tomi, Y. Yamashita and M. Adachi |
| 2. 発表標題 Application effects of clinker-tea-waste-compost on paddy rice cultivation |
| 3. 学会等名 The 14th International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ueno H, Eitaki S, Shiraishi W, Hosoya K |
| 2. 発表標題 Application of Organic or Inorganic Materials to Soils for Development of Sustainable Agriculture |
| 3. 学会等名 Mini-symposium in Biodiversity Research Center, Academia Sinica (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 細谷和宏 ・ 岩田千宙 ・ 辻本泰地 ・ 上野秀人 ・ 当真要 ・ 山下陽一 ・ 阿立真崇 ・ 河野貴幸 |
| 2. 発表標題 超低投入持続型水田における緑肥施用が土壌窒素とリンおよび水稲の養分吸収, 生育と収量に与える影響 |
| 3. 学会等名 日本作物学会四国支部会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大西真央 ・ 当真要 ・ 上野秀人 |
| 2. 発表標題 低肥沃度水田におけるケイ酸資材の施用が水稲の収量と品質に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 日本作物学会四国支部会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小川敏矢・当真要・上野秀人 |
| 2. 発表標題 レンコン浅床栽培における早植えとボール浮揚による増収効果 |
| 3. 学会等名 日本作物学会四国支部会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岩田千宙・上野秀人・細谷和宏・中矢夏子・当真要 |
| 2. 発表標題 緑肥利用超低投入持続型水田の層位別土壌養分含量の推移 形態別リン酸濃度および酸化・還元状態における可給態リン酸濃度 |
| 3. 学会等名 日本作物学会四国支部会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 河野貴幸・山下陽一・阿立真崇・上野秀人・井上文乃・武知佑樹・当真要 |
| 2. 発表標題 超低投入持続型水田における緑肥のすき込み時期がヒノヒカリの生育・収量に与える影響 |
| 3. 学会等名 日本作物学会四国支部会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 細谷和宏・岩田千宙・辻本泰地・上野秀人・当真要・山下陽一・阿立真崇・河野貴幸 |
| 2. 発表標題 超低投入持続型水田における緑肥施用と土壌表層の有機物蓄積が水稻の生育と収量に与える影響 |
| 3. 学会等名 日本作物学会四国支部会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 武知佑樹・井上文乃・河野貴幸・阿立真崇・山下陽一・当真要・上野秀人 |
| 2. 発表標題 緑肥水田の中干前倒し管理がメタン発生量に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 日本土壤肥料学会関西支部会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 H UENO, N Nakaya and Y TOMA |
| 2. 発表標題 Nutrients release mechanism in organic paddy rice fields incorporated with white clover and weeds residues |
| 3. 学会等名 Soil Science Society of America (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中矢夏子・上野秀人・当真要 |
| 2. 発表標題 シロクローバー施用水田における養分放出メカニズムの解明 |
| 3. 学会等名 日本土壤肥料学会関西支部 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 武知 佑樹・当真 要・上野 秀人・中矢 夏子・細谷 和宏 |
| 2. 発表標題 水田へのシロクローバー施用がメタン発生に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 日本土壤肥料学会関西支部講演会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 細谷和宏・中矢夏子・上野秀人・当真要・山下陽一・阿立真崇・河野貴幸 |
| 2. 発表標題 超低投入持続型水田における緑肥施用が水稻の生育と収量に与える影響 |
| 3. 学会等名 日本作物学会四国支部 |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|--|
| 愛媛大学農学部土壌肥科学研究室 https://www.facebook.com/Lab.SoilSciencePlantNutrition 愛媛大学農学部土壌肥科学研究室 http://web.agr.ehime-u.ac.jp/~seisan/soil/Mission.html 科学研究費補助金研究成果 情報発信サイト 愛媛大学大学院農学研究科土壌肥科学研究室 http://web.agr.ehime-u.ac.jp/~seisan/soil/kakenhi.html 科学研究費補助金研究成果 情報発信サイト 愛媛大学大学院農学研究科土壌肥科学研究室 http://web.agr.ehime-u.ac.jp/~seisan/soil/kakenhi.html 愛媛大学農学部土壌肥科学研究室業績 http://web.agr.ehime-u.ac.jp/~seisan/soil/Work.html |
|--|

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 | 当真 要 (Toma Yo) (10514359) | 北海道大学・農学研究院・教授 (10101) | |

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0件

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 |
|---------|---------|