

令和 5 年 5 月 29 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03098

研究課題名(和文)水田・畑の窒素炭素循環と反応移動の体系化 - 根群域から団粒生態系まで -

研究課題名(英文) Reactive transport modeling with carbon and nitrogen cycling for micro-aggregate up to root-zone scales in paddy and upland fields

研究代表者

取出 伸夫 (Toride, Nobuo)

三重大学・生物資源学研究所・教授

研究者番号：70212074

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、水分不飽和の畑から湛水状態の水田までの窒素炭素動態の包括的な解明と体系化を目的に、重量ライシメータを用いた集中モニタリングと反応移動モデルの開発を行った。そのために、重量ライシメータは、下端圧力の制御と給排水の検討を行った。また、畑地を対象とした荷電を考慮した改良LEACHMモデルを水田に対して適用するために、好気呼吸と嫌気呼吸による有機物分解の酸化還元反応を加えて改良し、水田土中の還元の前進と、窒素・炭素成分の形態変化を生物地球科学反応プログラムPHREEQCで表現し、HP1により土中の水分・溶質移動予測汎用プログラムHYDRUSと連結した反応移動モデルを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、水分不飽和の畑から湛水状態の水田までの好気・嫌気有機物分解と窒素炭素の形態変化と土中の移動を表すシミュレーションプログラムを構築した。特に、水田土中の嫌気分解と還元物質の形態変化を定量的に表現し、陽イオン交換、陰イオン交換、土の緩衝作用を含めた溶質移動モデルは他に例がなく、開発の意義は大きい。今後は、さらにモデルの実証実験を行うために、下端圧力が制御可能な重量ライシメータの開発と検討を行った。

研究成果の概要(英文)：In order to predict the fate and transport of carbon and nitrogen in a reduced paddy field, we modified the carbon and nitrogen cycling model based on the LEACHM code. SOM decay processes from organic carbon to biomass carbon, humus carbon, and carbon dioxide were described using first-order kinetics. When oxygen was available in an aerobic condition, O₂ was used to produce CO₂ as an electron acceptor. When O₂ availability is low, other electron acceptors such as NO₃⁻, Mn⁴⁺, Fe³⁺, SO₄²⁻, were used depending on the redox potential. Decomposition of Org-N was related to the carbon cycle using the C/N ratio. Furthermore, cation and anion exchange reactions were included with the permanent negative charges and the pH dependent variable charges. The carbon and nitrogen cycling model described with PHREEQC was linked with HYDRUS-1D using the HP1 code. Various nitrogen and carbon transport scenarios were demonstrated for the application of organic matter to a saturated paddy soil.

研究分野：土壌物理学

キーワード：水田 畑 有機物分解 窒素循環 炭素循環 反応移動モデル

1. 研究開始当初の背景

近年、農地への有機物連用が土壌炭素の蓄積を促進するため温暖化緩和技術として期待されている。しかし、有機物の多量投入は亜酸化窒素(N_2O)発生と窒素溶脱を増加させる懸念がある。農地への過剰な肥料成分の投入は、窒素成分による地下水汚染を引き起こしている。また、水田からはメタンの発生も懸念される土中の窒素循環は、窒素成分の有機化、無機化といった形態変化が有機物分解に伴う土中の炭素循環と連動して進行する現象であるため、土中の窒素循環と炭素循環の連結モデルが開発されてきた。一方、窒素・炭素成分の移動は、土中水分の移動により生じる。そのため、土中の窒素循環と移動の予測のためには、有機物分解と窒素と炭素の形態変化モデルに加えて、土中の水分・溶質・ガス移動モデルとの結合が必要である。

研究代表者は、既往の有機物分解に伴う窒素・炭素循環モデルとして我が国でも用いられている LEACHM モデルを生物地球科学反応プログラム PHREEQC へ移植し、HP1 により土中の水分・溶質移動予測汎用プログラム HYDRUS との連結を行った。そして、水分不飽和の畑地を対象に、C/N 比に応じた無機態窒素の有機化と無機化過程に対する荷電の考慮、陽イオン交換、陰イオン交換による土への吸着、土の緩衝作用を与える変位荷電のモデル化を行い、LEACHM モデルを発展改良した。このモデルをさらに水田に適用するためには、有機物分解における好気分解に加えた嫌気分解の酸化還元反応をモデル化し、土の pH と酸化還元電位 Eh の評価が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、水田や地下水位の浅い畑地で長期間にわたり利用可能で、下端の圧力調整により水分移動を調節可能な重量ライシメータについて開発する。そして、作物の生育期間の蒸発散フラックス、土中の水分量、土中水圧力、酸化還元電位などの連続測定に加え、窒素・炭素成分の溶存態、ガス態濃度測定を可能にする。また、畑地を対象とした荷電を考慮した改良 LEACHM モデルを水田に対して適用するために、水田土中における好気呼吸と嫌気呼吸による有機物分解を加えて改良し、還元の進行と、窒素・炭素成分の形態変化と移動を表現する反応移動モデルの構築を行う(図 1)。そして、水田における有機物分解過程において、還元が進行して生じる諸反応を定量的に検討する。

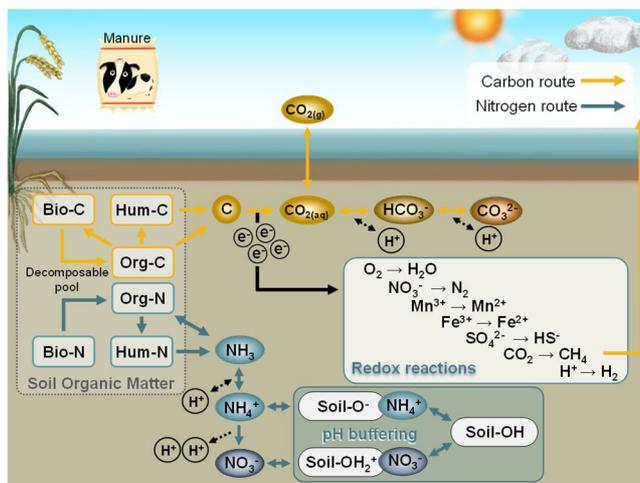


図 1 有機物分解の酸化還元反応を考慮した水田の窒素・炭素循環モデル

3. 研究の方法

3.1 重量ライシメータ

下端圧力を周囲の土中水圧力の変化に合わせて調製して給排水する重量ライシメータを製作した(図 2)。この重量ライシメータを圃場において長期間使用するためには、安定した給排水システムの構築が必要である。そこで、外部テンシオメータの変化に対する下端圧力の制御と給排水の検討を行った。

3.2 水田の反応移動モデル

土中の有機物分解は、土壌微生物が有機物を酸化し、呼吸により電子受容体物質を還元する酸化還元反応である。好気的環境では、溶存酸素 DO が呼吸に用いられる。湛水条件下の水田土中の嫌気的環境では、DO の不足に伴い NO_3^- 、 Mn^{4+} 、 Fe^{3+} 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 H^+ の順に嫌気呼吸が生じる。本研究では、電荷を考慮した LEACHM に基づく窒素・炭素循環モデルに対して、酸化還元平衡反応を加えた有機物分解モデルと土の pH 緩衝作用と陽イオン・陰イオン交換を与える変位荷電モデル(VCM)を PHREEQC により構築し、HP1 を用いて土中の水分・溶質・ガス移動モデル HYDRUS-1D と結合させた。そして、水田土中の還元の進行に伴う諸反応を検討した。

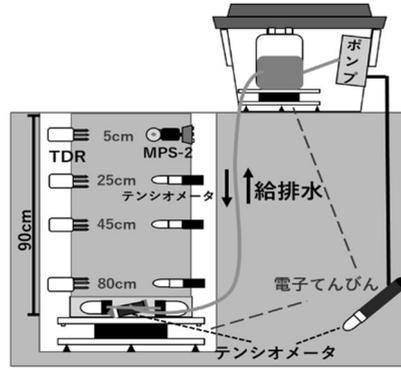
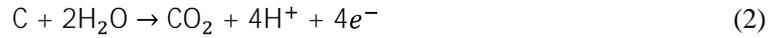


図 2 重量ライシメータの下端圧力制御と給排水

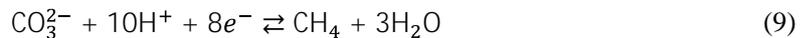
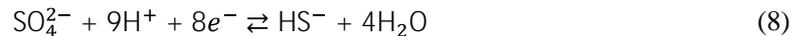
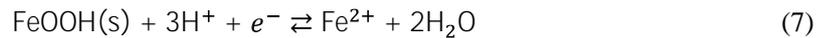
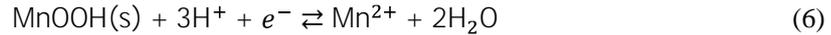
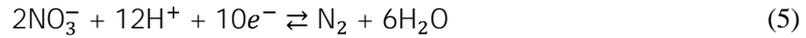
(a) 好気・嫌気有機物分解

土中の有機態炭素 (Org-C) は、一次分解反応によりバイオマスの炭素成分 (Bio-C)、腐植の炭素成分 (Hum-C)、CO₂ に分解されるが、炭素 C の CO₂ への酸化反応と仮定する。



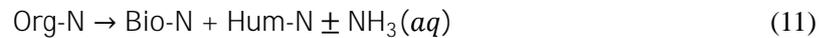
$$\frac{dC_{\text{Org-C}}}{dt} = -k_{\text{Org-C}} \times F_{\text{pe}} \times C_{\text{Org-C}} \quad (3)$$

ここで、 $C_{\text{Org-C}}$ は有機態炭素の土単位体積あたり濃度 [$\text{mmol cm}^{-3}_{\text{soil}}$]、 $k_{\text{Org-C}}$ は分解定数 [day^{-1}] である。生成されたバイオマスは、再び有機物として分解される。還元の進行、すなわち pe の低下に伴う分解速度の減少は図 3 の補正関数 F_{pe} で与えた。呼吸による還元反応は、還元の進行により以下の(4)式から順番に生じるとした。



(b) 窒素の形態変化

有機態窒素 (Org-N) は、バイオマスの窒素成分 (Bio-N) と腐植の窒素成分 (Hum-N) に利用され、その余剰分は NH_3 として無機化される。逆に、供給が不足すると、土中の NH_3 が有機化されて利用される。



窒素と炭素成分の分解は各成分の C/N 比で関係づけられる。CO₂(aq) と NH_3 は液相中で電離する。NH₄⁺ から NO₃⁻ への硝化は、O₂ の消費と H⁺ の生成を伴う有機物分解とは独立した一次分解反応として与え、溶存酸素濃度の低下に伴う分解速度の減少は図 4 の補正関数 F_{O_2} で与えた。なお、硝化により生成した NO₃⁻ は、(5)式の嫌気呼吸により脱窒して N₂ に変化する。



$$\frac{dC_{\text{NO}_3^-}}{dt} = k_{\text{nit}} \times F_{\text{O}_2} \times C_{\text{NH}_4^+} \quad (13)$$

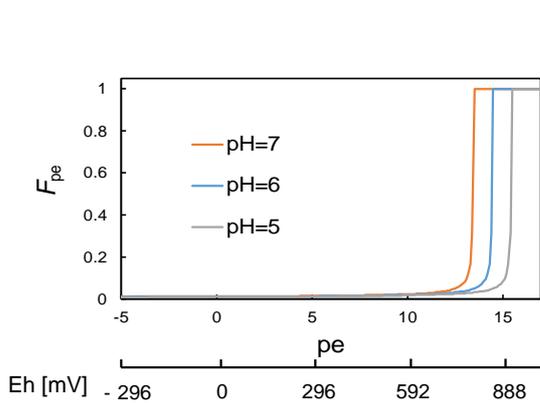


図3 嫌氣的分解の pe 補正 F_{pe}

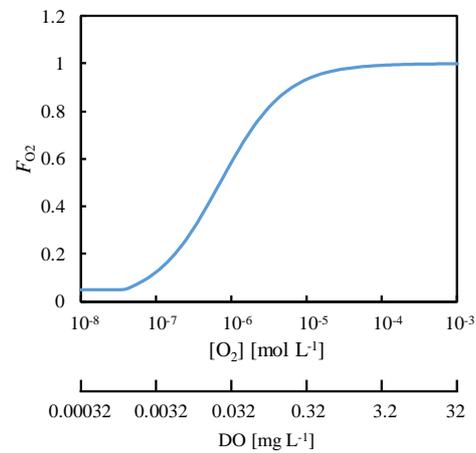


図4 溶存酸素濃度依存補正関数

4. 研究成果

4.1 重量ライシメータの下端圧力制御

図5は、定圧ポンプで圧力 $h = -120$ cm を与えた条件において、珪砂中の h の変化である。圧力の制御幅には ± 10 cm を与え、蒸発により、 $h = -130$ cm に達した段階で吸水が 30~45 秒生じ、 $h = -110$ cm になると給水ポンプを停止した。しかし、給水ポンプからの給水量が多く、 h が -110 cm よりも大きくなるため、排水ポンプが作動して給排水ポンプが連続稼働した。そこで、給排水期間を最大 15 秒として、その後、15 秒間の給排水停止時間を設けた。それにより、設定した圧力幅内に h の制御が可能になり、ポンプの切替え頻度が 10 回/h から 5 回/h に半減できた。また、 $h = -20$ cm の濡れた条件においても圧力制御が可能になり、ポンプの稼働時間は常時稼働から約 7 分に短縮された。

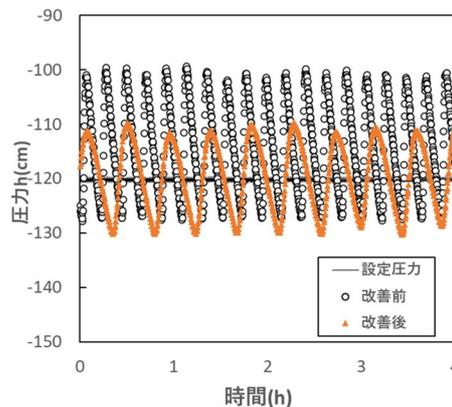


図5 $h = -120$ cm おける下端圧力 h の経時変化

4.2 水田土中の有機物分解過程の計算

(a) 嫌気分解と還元物質の形態変化

水田土中の有機物分解過程を検討するために、地表面から 20 cm に CN 比 10 の易分解性有機物を与え、変異荷電、永久荷電、マンガニ鉱物及び鉄鉱物が存在する土層に対し、地表面には 2 cm の大気組成とした湛水による 1 cm d^{-1} の定常水分流れを与え、50 日間の計算を行った。図6は、表層から 20 cm の pe, pH, DO, 溶存態と吸着態の和である全 NO_3^- , 全 N_2 , 全 Mn^{2+} , 全 Fe^{2+} , FeS(s) , CH_4 分布である。有機物分解により還元が進行し、下層にむけて pe が低下する。この計算に用いた補正関数 F_{pe} で与える有機物分解速度の場合、酸素の消費速度が比較的小さく、2 d に 2 cm 程度の厚さの表面酸化層が形成された。この表面酸化層は、分解速度が大きくなると薄くなる。還元が進行すると、2 d までに表面酸化層より深い NO_3^- は消費されてゼロになる。脱窒は表面酸化層で生成された NO_3^- の脱窒は継続し、下方へ流れる。 Mn^{2+} は 2~9 d で生成、全 Fe^{2+} は 25 d まで増加し、その後、徐々に減少したが、50 d においても鉄鉱物の還元が継続していた。 FeS(s) は 25 d 以降に沈殿が始まり、 CH_4 は、50 d では発生しなかった。

(b) 表面酸化層の形成

水田の表層付近では浸透水の溶存酸素 DO が消費され表面酸化層が形成される。この表面酸化層の厚さは、有機物分解による酸素の消費速度に依存する。そこで、3 種類の補正関数 F_{pe} を与え、表層の有機物分解速度を変化させ、表面酸化層に与える影響を調べた。図7は pH 7 における F_{pe} で

あり, Case 1 は還元の進行により有機物分解速度の低下が小さく, Case 3 は大きく低下する. 図 8 は, 10 d における溶存酸素 DO 分布であり, 表面酸化層の厚さは, それぞれ Case 1 はゼロ, Case 2 は 2 cm, Case 3 は 5 cm であった. 図 9 は pe 分布であり, 有機物分解速度が土中の還元の進行に大きな影響を与えることがわかる.

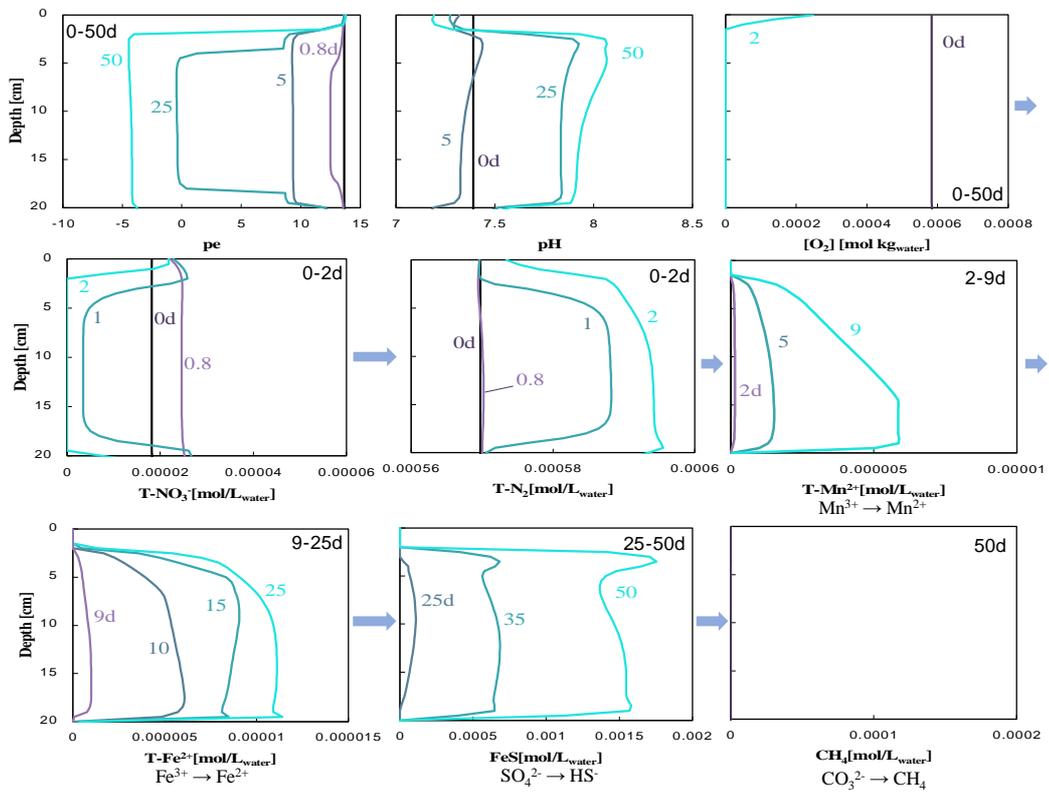


図 6 還元の進行に伴う土中の pe, pH, DO, 全NO₃⁻, 全 N₂, 全Mn²⁺, 全Fe²⁺, FeS(s), CH₄ 分布

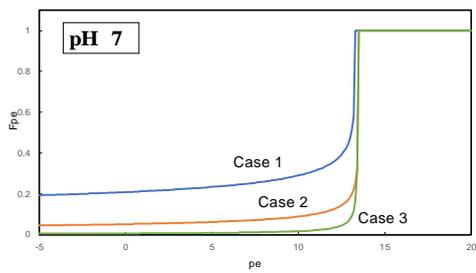


図 7 嫌気分解の 3 種類の pe 補正関数 F_{pe}

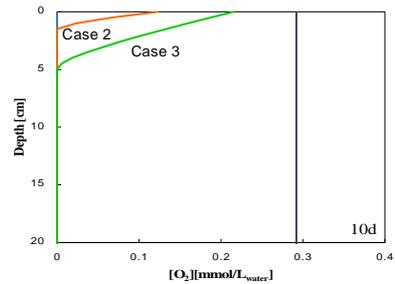


図 8 異なる嫌気分解速度における溶存酸素分布

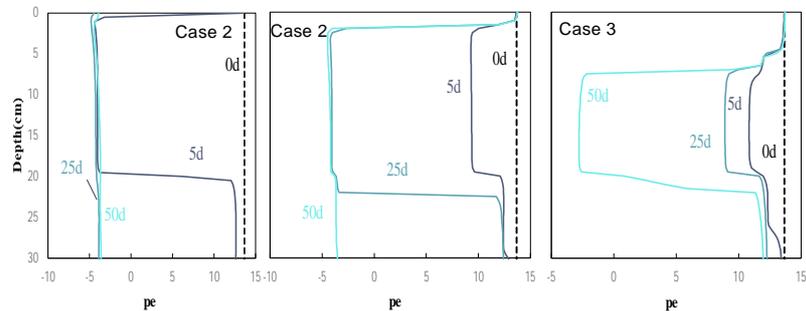


図 9 異なる嫌気分解速度における pe 分布

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Seki Katsutoshi、Toride Nobuo、van Genuchten Martinus Th.	4. 巻 71
2. 論文標題 Evaluation of a general model for multimodal unsaturated soil hydraulic properties	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Hydrology and Hydromechanics	6. 最初と最後の頁 22 ~ 34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2478/johh-2022-0039	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 坂井 勝	4. 巻 151
2. 論文標題 群落熱収支モデルを用いた蒸発散にともなう根圏土壌中の水分・熱移動の予測	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土壌の物理性	6. 最初と最後の頁 31-47
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 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 Uchida Shoko、Hashimoto Yohei、Takamoto Akira、Noguchi Keiichi、Klysubun Wantana、Wang Shan Li	4. 巻 86
2. 論文標題 Phosphate binding to allophane and ferrihydrite with implications for volcanic ash soils	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Soil Science Society of America Journal	6. 最初と最後の頁 1571 ~ 1581
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/saj2.20463	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 Katsutoshi Seki、Nobuo Toride、Martinus Th. van Genuchten	4. 巻 21
2. 論文標題 Closed-form hydraulic conductivity equations for multimodal unsaturated soil hydraulic properties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Vadose Zone Journal	6. 最初と最後の頁 e20168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/vzj2.20168	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 坂井 勝, 今井翔馬	4. 巻 314
2. 論文標題 蒸発法による土壌クラスト層の水分移動特性の推定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 農業農村工学会論文集	6. 最初と最後の頁 1_9-1_16
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 I. Tokumoto, K. Chiba, M. Mizoguchi	4. 巻 35
2. 論文標題 Soil salinity management using a Field Monitoring System (FMS) in tsunami-affected farmlands in Miyagi, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Agrophysics	6. 最初と最後の頁 227-234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.31545/intagr/142037	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 A Takamoto, Y Hashimoto, M Asano, K Noguchi, R Wagai	4. 巻 395
2. 論文標題 Distribution and chemical species of phosphorus across density fractions in Andisols of contrasting mineralogy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geoderma	6. 最初と最後の頁 227 - 234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geoderma.2021.115080	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 取出伸夫, 渡辺晋生	4. 巻 12
2. 論文標題 階層的な団粒構造が生み出す土の保水と物質移動特性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 粉体技術	6. 最初と最後の頁 942-947
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 荒井 見和, 多胡 香奈子, 和穎 朗太, 取出 伸夫, 青山 正和, 西澤 智康, 金子 信博, 松岡 健介, 太田 寛行	4. 巻 12
2. 論文標題 土壌団粒構造と土壌プロセス2 -実測と理論の統合を目指して-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本土壌肥科学雑誌	6. 最初と最後の頁 942-947
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 坂井 勝, 高橋由奈, 丸山篤志	4. 巻 146
2. 論文標題 群落熱収支モデルとHYDRUS-1Dの連結プログラムを用いた畑地の土壌水分量・地温予測モデルの構築	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土壌の物理性	6. 最初と最後の頁 3-6
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 徳本家康, 藤巻晴行	4. 巻 67
2. 論文標題 局所耕うん法の密集根群における吸水と下方浸透	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本砂丘学会誌	6. 最初と最後の頁 69-77
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 PT Yang, Y Hashimoto, WJ Wu, JH Huang, PN Chiang, SL Wang	4. 巻 254
2. 論文標題 Effects of long-term paddy rice cultivation on soil arsenic speciation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Management	6. 最初と最後の頁 109768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jenvman.2019.109768	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19件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Tasaki, K., Tokumoto, I., Komiya, S., Noborio
2. 発表標題 Water and CO2 Gas flow through High Density Roots in an Artificial Macro-pore for the Shaft Tillage Cultivation Method
3. 学会等名 The World Congress of Soil Science 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tasaku Eigen, Peter Mchuno Alfred, Ami Shimomura, Nobuhito Sekiya, Kunio Watanabe
2. 発表標題 Nitrogen balance in paddy fields applied with various amount of rice bran in winter
3. 学会等名 PAWEES 2022 International Conference, Fukuoka, Japan (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Noor, F., Tokumoto, I., Kanda, R., Sakimura, K., Sakai, M
2. 発表標題 Development of a weighing lysimeter with a water supply-drainage pumping system
3. 学会等名 PAWEES 2022 International Conference, Fukuoka, Japan (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂井勝, 北田彰隆
2. 発表標題 地表面温度の測定に基づく低水分領域の不飽和透水係数の推定
3. 学会等名 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井手海盛, 永源奨, Peter Muchuno Alfred, 関谷信人, 渡辺晋生
2. 発表標題 有機物投入量の異なる水田土中の窒素動態
3. 学会等名 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井手海盛, 関谷信人, 渡辺晋生
2. 発表標題 水田に施用した牛糞堆肥の水稲移植前非湛水期における硝化について
3. 学会等名 土壤物理学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 取出伸夫
2. 発表標題 階層的な団粒構造が生み出す土中の水分・物質移動特性
3. 学会等名 日本地下水学会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaru Sakai, Akitaka Kitada
2. 発表標題 Estimation of Soil Water Content in a Bare Field Based on Soil Surface Temperature Measurements
3. 学会等名 ASA, CSSA and SSSA Annual Meeting(国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂井 勝
2. 発表標題 群落熱収支モデルを用いた畑地の蒸発散と土壤水分・熱移動の予測
3. 学会等名 土壤物理学会大会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永源奨, Peter Muchuno Alfred, 井手海盛, 関谷信人, 渡辺晋生
2. 発表標題 米ぬか施肥から収穫までの水田土中における窒素の無機化量の推定
3. 学会等名 土壤物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永源奨, Peter Muchuno Alfred, 関谷信人, 渡辺晋生
2. 発表標題 冬季米ぬか施用水田での期間ごとの無機化の推定
3. 学会等名 農業農村工学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平野清か, 武藤由子, 渡辺晋生
2. 発表標題 蒸発過程にある土中の硝化反応速度定数とATP量・Ehの関係
3. 学会等名 土壤物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 海老原 舞歩, 高本 慧, 橋本 洋平
2. 発表標題 土壌のリンの逐次抽出法－関谷法の再考
3. 学会等名 土壌肥料学会北海道大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木萌香, 取出伸夫, 三口貴久代, 坂井 勝
2. 発表標題 ライシメータを用いたダイズ栽培実験の蒸発散と根の吸水について
3. 学会等名 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 取出伸夫, 三口貴久代, 鈴木萌香, 坂井 勝
2. 発表標題 ダイズの成長段階における蒸発散と根の吸水パラメータ推定手法の検討
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2020年度岡山大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清本翼, 渡辺晋生
2. 発表標題 凍結に伴う異なるNO ₃ -N濃度の黒ボク土中の溶質フラックスの変化
3. 学会等名 雪氷研究大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡田華保, 渡辺晋生
2. 発表標題 水分移動をとまなう土中の有機態窒素の無機化と微生物活性
3. 学会等名 土壤物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂井 勝, 今井翔馬
2. 発表標題 蒸発法による土壤クラスト層の不飽和水分移動特性の推定
3. 学会等名 土壤物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内田 翔子, 橋本 洋平, 村上 圭一, 上園 一郎, 石井 勝博, 棚橋 寿彦
2. 発表標題 化学肥料および堆肥の長期連用による土壤へのリンの蓄積
3. 学会等名 日本土壤肥料学会2020年度岡山大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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	渡辺 晋生 (Watanabe Kunio) (10335151)	三重大学・生物資源学研究所・教授 (14101)	

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	坂井 勝 (Sakai Masaru) (70608934)	三重大学・生物資源学研究科・准教授 (14101)	
研究分担者	橋本 洋平 (Hashimoto Yohei) (80436899)	東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授 (12605)	
研究分担者	徳本 家康 (Tokumoto Ieyasu) (80445858)	佐賀大学・農学部・准教授 (17201)	

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