

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 27 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H04567

研究課題名(和文) 水田と農業排水路における脱窒特性と物理化学的制御

研究課題名(英文) Characteristics of denitrification in paddy and drainage channel and its control

研究代表者

平松 研 (HIRAMATSU, Ken)

岐阜大学・応用生物科学部・教授

研究者番号：90271014

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：水田および農業排水路における脱窒の特性を調査した。肥料および生活排水の流入により底泥が嫌気状態となっている排水路では単位面積あたりの脱窒量が干潟と同程度であり、窒素に関する自然浄化が行われていることを確認した。また、脱窒による肥料損失が問題となる水田土壌においては、酸化還元電位の変動を考慮した微生物燃料電池理論を基に脱窒の制御を試みた。アセチレン阻害法による一酸化二窒素の放出量は、回路を設定した水田では設定しないものに比べて65%もの削減効果を示した。一方で、制御を強化するために外部電源を接続したものでは、酸化還元電位の変化は電極の周辺にしか及ばず、十分な効果を上げることが出来なかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

都市近郊にある農業排水路においては過剰な肥料や生活排水の流入により、水質が悪化している。そのため、窒素の動態と浄化の仕組みを確認することで、水環境の改善への手がかりを探った。また、水田においては窒素肥料の相当量が脱窒という微生物の働きにより損失しておりため、その効率化と温暖化ガスである一酸化二窒素の発生削減が課題となっている。脱窒菌は活発に働く酸化還元電位が決まっていることから、電気回路を設置することでその活性を制御することを試みた。現時点では小規模な実験において脱窒を制御できた段階ではあるが、これを進展させることで窒素肥料の効率化と農地からの温暖化ガスの放出削減が可能になると期待している。

研究成果の概要(英文)：The characteristics of denitrification in paddy and agricultural drainage channel were investigated. Nitrogen is released from the channel as much as tidal lands known as active denitrification and the contribution to natural purification of water is recognized. In the paddy we tried to control the activation of denitrification by controlling redox using microbial fuel cell application. The emission of dinitrogen monoxide from the pot with the circuit under acetylene inhibition method decreases by 65% compared with non-circuit one. On the other hand, remarkable effect was not found when introducing external voltage to enhance the control ability, because the effect on redox spread only near the electrode.

研究分野：農業農村工学

キーワード：脱窒 水田 酸化還元電位 肥料抑制 農業排水路

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

脱窒は古くから知られる窒素の浄化プロセスであり、水田土壌学の分野では 1937 年には塩入らの肥料の損失に関する研究が見られ、農業農村工学の分野でも 1980 年代には田淵らの水田の浄化能を明らかにした一連の研究や、最近では干潟底泥中の脱窒過程を調査した古賀ら(2009)の研究など、多くの研究が認められる。水田内は、土壌表層における易分解性の有機物による酸素消費と表層水中のシアノバクテリアなどによる酸素供給が同時に存在し、その境界部にいわゆるホットスポットと呼ばれる脱窒が顕著に生じる領域が生じる。干潟においても豊富な有機物と潮汐による酸化と還元が同様のホットスポットを形成することが知られている。田淵ら(1983, 2006)は水田における脱窒速度を実測し、さらに一次反応式によるモデルを示している。橋本ら(2007)は低平水田の窒素負荷量などを実測し、脱窒による損失が施肥の半分近くに上ることを明らかにしている。これらの他にも、Iida et al. (2007)は水田からの脱窒の一つの形態である亜酸化窒素排出量についての知見も示している。広域の窒素循環に焦点を当てると、たとえば、Howarth et al.(1996)は湖沼・河川、特に陸域と水域の接点である水畔域において、肥料を中心とする陸域からの窒素負荷のうち 75%が脱窒等により浄化されていることを示し、Seitzinger et al.(2006)は土壌中で脱窒量が最大になり、地下水域や河川域においても大きな値となることを示している。水域における窒素浄化能を明らかにするならば、これらの研究のように物質収支を明確にすることが第一歩であり、不可欠であることは疑いようがないが、生物活性という脱窒の本来のメカニズムについては焦点が当てられていないことが分かる。一方で、排水処理の分野では PCR-DGGE(Denaturing Gradient Gel Electrophoresis)などの分子生物学的手法が脱窒菌叢の解明に導入されており、成果を上げている(たとえば、新田ら, 2003;齋藤ら, 2004)。しかし、これらの多くはリアクター内部の微生物構造に焦点が当てられており、農業水域での適用事例(たとえば吉田, 2008)はきわめて少ない。また、その多くは定性的な解析であり、微生物活性の定量的評価は、real time PCR の普及により徐々に広がってきているものの物質収支を扱うところには到達していない。

申請者は 2006 年より木曽川を水源とする宮田用水の排水路部(大江幹線排水路)において、水路改修に伴う生態系および水質の変化を調査してきた(平松ら, 2010)。一宮市などの都市部を流下する当該水路には、本来の農業排水の他、生活排水や工業排水が流入しており、水質は良好とはいえ、一部には分解しきれない有機物が堆積したいわゆるヘドロが見られる。水棲生物の安定同位体比解析によれば、窒素  $N^{15}$  は浄化槽内での生物更新にともない、極めて高い値を示し、水路内の生物もそれら人為起源の有機物を利用していることが示唆されている(Hiramatsu et al., 2013)。このように窒素過多の水域の水質モデルを検討するにあたり、現地調査を続けていくうちにヘドロ化した水域から多くの気体が発生していることに気がついた。還元状態の水域から発生する気体としては、硫化水素、メタンの他に、前述した水田域と同様に窒素が生じていると考えるのが妥当であり、水路内の窒素収支を考える上で重要な事象であると判断した。これまで、湖沼や水田などの水域と比較して水面積が小さいことや流下に伴う酸素供給が大きく、還元状態の領域が小さいと考えられていることから、農業排水路における脱窒の研究事例はきわめて少ない。水田における飯田らの研究(私信)を参考にし、クロードチャンパー法と GC-ECD で発生気体の含有亜酸化窒素濃度を計測したところ、大気が約 361ppb なのに対して、530ppb と有意に差が現れた。さらに水路内のセディメントにおける脱窒菌の存在を、亜硝酸還元酵素コード領域である nirK と nirS のプライマーによる PCR-DGGE 法で確認したところ、複数の種が活動していることまで確認できた。現在のところ、気体については、亜酸化窒素を排出する脱窒のみの計測であること、時系列データとしては取得できていないため、物質収支にはつなげられていないこと、分子生物学的手法では種の特定には至っていないこと、活性を定量的には把握できていないことなど、様々な課題が残されている。また、農業水域の窒素動態を考える上では接続する水田域においても同様の研究が必要であり、その準備も進めてきた。その過程で、脱窒を制御することで施肥量を抑制することが可能ではないかとの着想を得た。Takanezawa et al. (2010) は水田の酸化還元電位差を利用した MFC(microbial fuel cells, 微生物燃料電池)について述べているが、このことは酸化還元電位差を制御できることを示唆している。また、松本(2011)は鉄酸化細菌や大腸菌において外部装置により酸化還元電位を調節し、培養個体密度をコントロールできることを示している。すなわち、脱窒の活性は酸化還元電位差により低下させうるのではないかと考えた。

### 2. 研究の目的

本研究では、水田域および農業排水路内での脱窒特性を、脱窒菌叢を中心とする生物活性の視点から明らかにすることを目的とする。すなわち、陸域で負荷された肥料などの窒素の 75%は海域に至るまでに脱窒等により浄化されていると考えられているが、負荷源に近い農業排水路では最も活発に浄化が行われていると予想される。本研究は、このような農業地域の窒素に関わる水質浄化能を、これまでに盛んに行われてきた物質収支からだけではなく、その現象の基となる生物・化学メカニズムにも着目して評価するものである。また、30~50%の窒素肥料が脱窒などで損失するともいわれる水田域では、酸化還元電位を物理化学的に調整することより脱窒速度および脱窒菌叢の変化を確認し、微生物管理による施肥量低減化の可能性を探る。最終的には、水田-農業排水路における窒素動態の解明と制御を目指すものである。

### 3. 研究の方法

本研究は、農業排水路および水田域の脱窒特性の解明と制御を目指しており、その特徴は物質収支に加えて分子生物学的手法を通じて現象を明らかにすること、微生物活動の制御に物理(電気化学)的な手法を導入することにある。また、対象とする農業排水路と水田では脱窒の捉えられ方が水質浄化と栄養分損失というように真逆になるが、これらを組み合わせで一連の研究として取り組む点にも特徴がある。これらの達成のために、本研究では、6つのサブプログラムを構築し、最終的にそれらを統括する研究計画を構築する。サブプログラムは、対象とする大江幹川排水路における環境因子を調査する「排水路・水田域調査およびサンプリング」、セディメントサンプルの脱窒特性を計測する「不攪乱サンプルによる脱窒特性実験」、PCR-DGGEにより微生物群集構造を調べる「脱窒菌叢の特定」、RT-PCRにより定量的な微生物活動を探る「脱窒菌活性測定」、水稲ポットでの継続的な酸化還元状態および脱窒速度の計測、MFC回路接続や外部荷電の有無による脱窒速度の差異を計測する「ポットでの水稲栽培実験」、得られた実験結果を基に脱窒菌活性と脱窒速度および物理環境との関係を探り、窒素動態のモデル化を目指す「環境要因と脱窒との関係解明」から構成され、将来的には排水路における浄化能の評価、水田における肥料抑制につなげていくことを目指す。

### 4. 研究成果

土壌中窒素を窒素ガスへと変換する脱窒により多くの窒素肥料が損失している。この脱窒を制御することが出来れば圃場に施肥された窒素肥料の損失を減少させることが出来るかもしれない。本研究では酸化還元電位の変動を考慮した微生物燃料電池理論を基に、水田土壌における脱窒制御に微生物燃料電池(MFC)が適用可能であるかを調査した。湛水層から10~20cm下部にある土壌と、湛水層との境界にある土壌はそれぞれ嫌気と好気の状態になっているため、電気回路とした場合、両者の間には電位差が生じる。微生物の代謝において有機物の酸化を通じて放出された電子はこの仕組みにより利用され、電気を発生する。その結果、硝酸の還元半反応で利用可能な電子が減少し、脱窒が抑制されることになる。このことを確かめるために、ガスチャンバーを設置した植栽ポットを用いて、1)MFCを設置する(MFCs)、2)外部電源を接続したMFCを設置する(MFC-extV)、対照としてMFCを設置しないという(non-MFC)、3つの条件下で窒素の動態を検討した。各条件に対して3つのポットを用意し、窒素肥料を同量施肥し、自動灌水機で湛水状態を維持した。実験では土壌の酸化還元電位、 $N_2O$ フラックス、土壌間隙水中の無機窒素濃度を定期的に測定した。MFCs、MFC-extVにおける酸化還元電位は明確にnon-MFCの電位よりも大きく、一方で $N_2O$ フラックスについてはMFCs、MFC-extVからの放出はnon-MFCの放出よりも明確に小さくなった。 $N_2O$ のフラックスを最も効果的に抑制したのは生育段階であった。ただし、今回の実験を通じて、外部電源の効果は明確にはならなかった。間隙水中の無機窒素保持効率はMFCsが高く、 $N_2O$ のフラックスの差と合致するものであった。MFCsにおいて脱窒されたと推定される窒素の割合が2.3%であったのに対して、non-MFCでは6.6%に上り、MFCが土壌酸化還元電位を制御し、それによって湛水した水田での脱窒を抑制することが出来ることが確認された。MFCsとMFC-extVにおける湛水した水田土壌中の窒素動態の実験において、外部電源はMFC効率を上昇させ、土壌酸化還元電位をよりよく制御するために導入されたものであったが、酸化還元電位の制御と脱窒の抑制効率はMFCsよりも低いことが明らかとなった。そのため、実験期間を通じて、深度方向に3カ所の断面における酸化還元電位分布を調査し、両者の差異を比較した。この研究は、外部電源の効果が接続した電極付近にのみで有効となっているのではないかとという仮説により行われたものである。MFC-extVでは、電極から近い場所にある中間層の土壌が高い酸化還元電位を示しているにもかかわらず、電極から離れた土壌中の酸化還元電位の制御はMFCにより低下しているということが明らかとなった。一つの可能性としては、外部電源の結果、土壌中で電気分解反応が生じ、システムの中で非自律的な酸化還元反応が生じさせていることが考えられた。また、実験の結果、異なる電位の土壌領域が不規則に形成され、電極へと電子が自由に移動できなくなっていた。もう一つの可能性としては、電位勾配の形成によるもので、電極の周りで急勾配になるものの、離れた場所では電気力線の拡がりにより電子が分散してしまうことも考えられた。すなわち、外部電源が接続された電極近傍を除いて、全土壌中の多くの電子が電極へと伝達されていないということになる。結果として、MFC-extVはMFCsよりも脱窒を抑制する効果が薄いといえる。

次いで、MFCsによる処理と制御に関して、脱窒率の理解を深めるために土壌脱窒菌の定量化に取り組んだ。前出のMFC3条件下における水田土壌の脱窒特性を明らかにするために、脱窒菌のチトクロームcd-1-typeの酵素を含む亜硝酸還元酵素遺伝子であるnirS遺伝子をターゲットとしてリアルタイムPCR法での定量を行い、脱窒の活性度の機能的な指標とした。DNAは、6月、7月、8月に電極近傍から採取した土壌から抽出し、リアルタイムPCRはSYBR Green法を用いた。各処理及び期間において比較分析を行った結果、nirS遺伝子は6、7、8月の期間、すべての処理において増加し、脱窒の条件が整っていることがまず確認された。しかし、平均数は期間、処理ともに差異がみられ、特に8月期のMFCsとnon-MFCでは顕著な差がみられた。nirSが多いnon-MFCでは $N_2O$ のフラックスも多く、酸化還元電位も大きくなることが確認できた。このことから、稲の生育段階後期においてMFCはnirS遺伝子を一定量制御できていると考えられた。一方でMFCcとMFC-extVの間には明確な差異は見られず、また、nirSの影響も小さかったことから、脱窒に関連するもう一つのnirK遺伝子についても検討が必要である。

まとめると、MFC 理論を援用して土壤中の脱窒を抑制することを試みたところ、MFCc と MFC-extV における酸化還元電位と C/N 比、nirS 遺伝子量の傾向は脱窒と強い関連性がみられ、MFC-extV や non-MFC に比べて、MFCs は酸化還元電位を相対的に高く制御し、脱窒、すなわち  $N_2O$  フラックスを減少させた。電位勾配の分布あるいは局所における電気分解により MFC-extV により利用される電子は電極近傍に集中し、土壤全体には広がっていないものと推察された。nirS 遺伝子は  $N_2O$  のフラックスおよび酸化還元電位差を決定する要因の一つになっていることも確認できた。以上により、MFC は土壤の酸化還元電位を制御し、水田からの脱窒抑制に効果があるものとの結論を得た。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Ranatunga Tharangika, Hiramatsu Ken, Onishi Takeo	4. 巻 206
2. 論文標題 Controlling the process of denitrification in flooded rice soils by using microbial fuel cell applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Agricultural Water Management	6. 最初と最後の頁 11 ~ 19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.agwat.2018.04.041	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 Otgonbayar Mendbayar, Badarifu, Ranatunga Tharangika, Onishi Takeo, Hiramatsu Ken	4. 巻 6
2. 論文標題 CELLULAR AUTOMATA MODELLING APPROACH FOR URBAN GROWTH	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Reviews in Agricultural Science	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) 10.7831/ras.6.93	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 Tharangika Ranatunga, Ken Hiramatsu, Takeo Onishi, Yasushi Ishiguro	4. 巻 14
2. 論文標題 Redox Distribution Profiles of Flooded Paddy Soils with Microbial Fuel Cell Applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of GEOMATE	6. 最初と最後の頁 52-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.21660/2018.45.25281">https://doi.org/ 10.21660/2018.45.25281</a>	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 Tharangika Ranatunga, Ken Hiramatsu, Takeo Onishi, Yasushi Ishiguro	4. 巻 6
2. 論文標題 The process of denitrification in flooded rice soils	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Reviews in Agricultural Science	6. 最初と最後の頁 21-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="http://dx.doi.org/10.7831/ras.6.21">http://dx.doi.org/10.7831/ras.6.21</a>	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 -

1. 著者名 Mujiyo, Hiramatsu, K., and Onishi, T.	4. 巻 -
2. 論文標題 Methane Emission in Paddy Field and its Mitigation Options for Win-Win Solution	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of International Symposium on Soil Management for Sustainable Agriculture	6. 最初と最後の頁 89-94
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 Muto, K., Hiramatsu, K., Onishi, T. and Tharangika Ranatunga	4. 巻 -
2. 論文標題 Characteristics of Denitrification in an Agricultural Drainage Channel	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of 5th International Workshop on Recent Progress in Agriculture and Water Management in Asia	6. 最初と最後の頁 25-27
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 Mendbayar Otgonbayar, Hiroki Saito, Ken Hiramatsu, Takeo Onishi, Badarifu and Masateru Senge	4. 巻 23
2. 論文標題 Residential Area Modelling using Cellular Automata and Estimated Water Demand - a case study in Darkhan, Mongolia -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Rainwater Catchment Systems	6. 最初と最後の頁 11-17
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 M. A. Kader, Masateru Senge, M. A. Mojid, Takeo Onishi, Kengo Ito	4. 巻 15
2. 論文標題 Effects of plastic-hole mulching on effective rainfall and readily available soil moisture under soybean (Glycine max) cultivation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Paddy and Water Environment	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI 10.1007/s10333-017-0585-z	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 Ariyanto, D.P., K. Yoshiyama, Z. Rozaki, M. Senge, and Komariah	4. 巻 22
2. 論文標題 The optimization principle of storage capacity of small-farm reservoir in rainfed agriculture	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Rainwater Catchment Systems	6. 最初と最後の頁 1-6
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 Dai, Y., M. Senge, K. Yoshiyama, P. Zhang, and F. Zhang	4. 巻 4
2. 論文標題 Influencing factors, effects and development prospect of soil solarization	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Reviews in Agricultural Science	6. 最初と最後の頁 21-35
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 Zhang, P., M. Senge, K. Yoshiyama, K. Ito, Y. Dai, F. Zhang	4. 巻 85
2. 論文標題 Effects of low salinity stress on growth, yield and water use efficiency of tomato under soilless cultivation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 農業農村工学会論文集	6. 最初と最後の頁 15-21
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 41.M.S.A. Mamun, Koji Tsuchida, Takeo Onishi, Ken Hiramatsu, Atsushi Iwasawa and Shinichi Nishimura	4. 巻 4
2. 論文標題 Medaka in Japanese Agricultural Water Channels: Genetic diversity and conservation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Review in Agricultural Science	6. 最初と最後の頁 8-20
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 Yanyan Dai, Masateru Senge, Kengo Ito, Takeo Onishi, Kohei Yoshiyama	4. 巻 13
2. 論文標題 Experimental evaluation of irrigation methods for soil desalinization	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Paddy and Water Environment	6. 最初と最後の頁 159-165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI 10.1007/s10333-014-0417-3	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 Yang Y., T. Onishi, K. Hiramatsu	4. 巻 9(2)
2. 論文標題 Impacts of different spatial temperature interpolation methods on snowmelt simulations	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Hydrological Reserach Letters	6. 最初と最後の頁 27-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.3178/hr1.9.27	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 Komariah, Masateru Senge, Sumani, Widyatmani Sih Dewi, Kohei Yoshiyama, and Arief Noor Rachmadiyahanto	4. 巻 8
2. 論文標題 The impacts of decreasing paddy field area on local climate in Central Java, Indonesia	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Air, Soil and Water Research	6. 最初と最後の頁 77-85
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 W. Wu, K. Yoshiyama, and M. Senge	4. 巻 3
2. 論文標題 Atmospheric conditions, landscape characteristics, and anthropogenic factors affecting stream water temperature	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Reviews in Agricultural Science	6. 最初と最後の頁 46-53
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4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Tharangika Ranatunga, Ken Hiramatsu, Takeo Onishi
2. 発表標題 Controlling the process of denitrification in flooded rice soils by using microbial fuel cell applications
3. 学会等名 PAWEES (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 斎藤大貴・メンドバヤル・平松研・千家正照・大西健夫
2. 発表標題 モンゴル・ダルハン市の拡大と水需要予測の試み
3. 学会等名 農業農村工学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kiyoto_Naito, Takeo_Onishi, Tetsuo_Yasutaka, Kimihito_Nakamura, Susumu_Miyazu
2. 発表標題 Estimation of 137Cs load with consideration of uncertainty at Kuchibuto River Basin
3. 学会等名 AGU, (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大西健夫, 金森修平, 田島正廣, 平松研, 清水英良, 西村眞一, 千家正照
2. 発表標題 都市化に伴う農業用水需要の変化とその特性
3. 学会等名 農業農村工学会全国大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 大西健夫	4. 発行年 2017年
2. 出版社 恒星社厚生閣	5. 総ページ数 144
3. 書名 陸域の水・物質動態のモデル化の現在、小路淳、杉本亮、富永修編『地下水・湧水を介した陸-海のつながりと人間社会』	

〔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	大西 健夫  (Onishi Takeo)  (70391638)	岐阜大学・応用生物科学部・准教授    (13701)	
研究 分担者	吉山 浩平  (Kohei Yoshiyama)  (90402750)	滋賀県立大学・環境科学部・准教授    (24201)	