

令和元年6月19日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07946

研究課題名(和文)畑作物における集落排水処理水・消化液のリスク評価と作物生育への関与の解明

研究課題名(英文) Study on Risk Evaluation and Growth of Farm Crops by the Irrigation of Rural Sewerage Treatment Water and Digested Slurry

研究代表者

中野 拓治 (NAKANO, Takuji)

琉球大学・農学部・教授

研究者番号：30595202

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：農業集落排水処理水は作物根の栄養吸収阻害を含めて作物生育に悪影響を与える可能性は低いとともに作物生育に効果があり、作物の元素吸収状況を変化させることを明らかにした。処理水に含まれる元素のうち有効利用できる可能性が高いのは窒素とホウ素であり、これらの元素効果の積極的な活用が重要と考えられる。生物膜法の処理水BODとSSには嫌気床槽流出水濃度と接触ばっ気槽ばっ気強度等が関与しており、沈殿分離槽前置接触ばっ気方式に比べて嫌気床接触ばっ気方式の処理水が灌漑利用に適している。連続流入間欠ばっ気活性汚泥方式の処理水を灌漑利用に供するためには、ばっ気槽MLSSとばっ気量の運転管理の重要性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究での知見と成果は、下水処理水の農業用水利用に関する国際基準策定の動向等を踏まえると、今回得られた成果を活用して畑作物への再生水のリスク評価への対応を図ることを通じて、水資源や肥料資源の有効利用と水質保全に資する技術として国内外で発展させることができるため、極めて意義深いものである。

研究成果の概要(英文)：It was lowly possible for the treatment water of rural sewerage facilities to exert adverse influences including nourishment inhibition of root upon the crops. It was clear that the treated water gave good effect to crops without damaging the growth of the crops. Among elements contained in the treated water, it is nitrogen and boron to be more likely to make good use. It is important that effective use be made of these element effects on irrigation. It was found that BOD and SS in treated water of submerged biological filters were assumed to depend on influent concentration and aeration intensity of contact aeration tank. It was considered that treated water in anaerobic and aerobic filter tanks was suitable for the irrigation use than treated water in sedimentation storage tank and aerobic filter. It was suggested that the operation in aeration intensity and MLSS of aeration tank was importance to use treated water of intermittent aerobic suspended-growth processes for irrigation.

研究分野：農村計画，水環境，物質循環

キーワード：集落排水処理水 畑地灌漑 運転管理 作物生育

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

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、国際標準化機構「International Organization for Standardization」(ISO)による下水処理水の灌漑利用に向けた国際基準策定の動向等に対応して、農業用水としての再利用を図るための調査研究が国内外で積極的に進められている。我が国の農業(水稲)用水質基準(1970年策定)は水質実態と乖離があるとともに、畑地灌漑には適用外となっており、作物収量への影響評価とともに健康被害に関与する重金属や微量物質項目を対象とした水質管理基準の策定とリスク評価・リスクコミュニケーションシステムの早急な構築が求められている。一方で、集落排水処理水(以下、処理水という)を含め下水処理水には農作物が必要とする窒素、リン、カリウム等の無機栄養成分が含まれているとともに、作物生育の促進や病害虫の発生を抑える効果も期待されており、処理水の農業用水水源としての積極的な活用への期待が高まっている。しかしながら、我が国における処理水の再生利用に係る研究は、水田が中心で畑地灌漑を対象にした処理水の土壌生態系への影響評価と再生利用に向けた体系的な調査研究はなされておらず、作物生育障害に対処するための科学的知見の集積も進んでいない。

(2) 農業集落排水施設は、全国で2010年には5,100地区が供用を開始しており、適切な維持管理や円滑な改築等が重要な課題となっているとともに、灌漑用水としての処理水の再生利用を通じて、水資源問題の解決と環境負荷への低減を図り、循環型社会の構築を目指した対応が求められている。その一方で、我が国唯一の亜熱帯性気候に位置する沖縄県では、慢性的な水不足に対応する地下ダムを含めた水資源開発が行われているが、地下ダム等の給水地域から離れた農業用水は小規模な水源に頼っており、不安定な状況になっていることから、下水再生処理水に着目し、その可能性について調査・検討がなされている。今後、我が国の食料自給率の向上と力強い農業経営体の育成するためには、「さとうきび」に加え、畑地灌漑による収益性の高い畑作物の導入が求められており、食の安全・安心からの観点での灌漑用水水質の評価・検証が必要である。

### 2. 研究の目的

(1) 本研究においては、処理水の畑作物への再生水の利用効果とリスク評価に対応するため、「畑作物における処理水のリスク評価と作物生育への関与の解明」を研究目的とする。( )処理水の作物生育への影響を把握するとともに、( )栽培効果とリスクを明らかにし、( )処理方式・運転管理等による土壌環境と作物生育への関与の解明を図る。処理水・消化液の作物生育効果とリスクの評価モデルの構築を通じて、集落排水施設の処理方式・運転条件による土壌環境と作物生育への関与を明らかにし、灌漑用水の水質管理に活用できるリスクアセスメント手法の適用による再生水技術の知見の集積を図る。

(2) 下水処理水の農業用水利用に向けた国際基準策定の動向等を踏まえ、畑作物への再生水のリスク評価への対応を図ることを通じて、水資源や肥料資源の有効利用と水質保全に資する技術として国内外での進展に寄与する。本研究の成果は、農業用水利用技術等の進展に繋がり、今後の農業農村整備事業の発展に資する。

### 3. 研究の方法

(1) 地下ダムを灌漑用水水源とする沖縄県本島南部地内(糸満市喜屋武地区)のハウス施設と琉球大学フィールドセンター内の試験ハウス施設において、コマツナとエンサイのポット栽培試験を実施した。栽培試験(処理水区、水道水対照区、地下ダム灌漑水対照区、及び液肥水対照区の4試験区を設定)を通じて、処理水の水質特性を把握するとともに、作物生育状況と栄養生理学的手法の適用を踏まえた定量的な評価による処理水の畑作物の植物生理・病理への影響について検討した。

(2) 供用中の生物膜法(沈殿分離槽前置接触ばつ気方式と嫌気ろ床接触ばつ気方式)と活性汚泥法(連続流入間欠ばつ気活性汚泥方式)の処理水を対象に、集落排水施設の処理方式・運転条件による処理水質の向上を図るための運転操作方法等を検討した。

### 4. 研究成果

(1) 水温、pH、ECの水質面および有害重金属類の濃度面からみた場合の処理水は、畑地基準値、水稲生育に障害が生じるとされる許容限界値、灌漑水対照区の水質濃度等を踏まえると、作物根の栄養吸収障害を含めて作物生育に悪影響を与える可能性は低いものと考えられる。処理水には作物生育に必要な窒素(N)、リン(P)、カリ(K)の栄養塩類等が含まれており、液肥栽培に用水を供する場合には減肥管理の重要性が示唆されるとともに、処理水を利用した畑地農地においては減肥を通じた肥料の節約に繋がる可能性がある。

(2) コマツナの属するツゲナ類は、ホウ素(B)の含有濃度が20 $\mu\text{g/g}$ 程度以上であれば健全と判断されており、水道水利用のコマツナでの含有濃度は20 $\mu\text{g/g}$ 以下であったが、処理水利用と液肥水利用のコマツナでの含有濃度は、ほぼ20 $\mu\text{g/g}$ であった(図1)。一方、ホウ素は処理水からの供給量が作物の吸収量の約4倍であり(図2)、吸収量を大きく上回る量が処理水から供給されていた。ホウ素は細胞壁構造の構築・維持に重要な役割を担うため、処理水利用では、水道水利用より、物理的傷害やウイルス耐性などに優れたコマツナが生育した可能性があると考えられた。

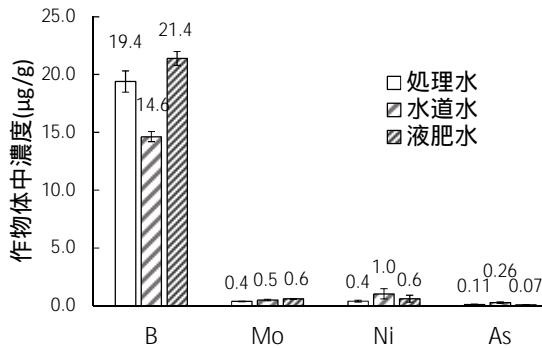


図1 微量元素と有害元素のコマツナ中濃度 (平均値 ± S.E)

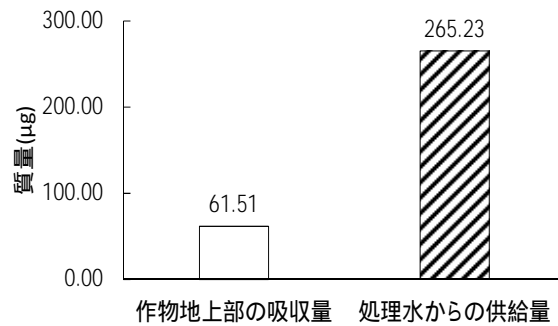


図2 ホウ素 ( B ) コマツナに対する 処理水からの供給量と吸収量

(3) 農業集落排水処理水の利用は、作物生育に効果があるとともに、作物の元素吸収状況を変化させることが明らかとなった。処理水に含まれる元素のうち、特に有効利用できる可能性が高いのは窒素 ( N ) とホウ素 ( B ) で、今後の農業集落排水処理水の利用では、これらの元素の効果を積極的に活用していくことが重要と考えられる。

(4) 生物膜法の処理水 BOD と SS には、嫌気ろ床槽流出水濃度、接触ばっ気槽水量負荷、ばっ気強度等が関与しており、通常の運転管理操作によって処理水の BOD は、国際標準化機構「International Organization for Standardization」ガイドラインにおけるカテゴリー C の濃度水準を満足するとともに、沈殿分離槽前置接触ばっ気方式に比べて嫌気ろ床接触ばっ気方式の処理水は灌漑利用に適していることが示唆された。さらに、ばっ気強度と嫌気性ろ床の汚泥体積厚を適切に制御すれば、カテゴリー B の濃度水準を満たすことも十分にできると考えられた。残留塩素は、塩素消毒の確実性を示す指標であり、処理水の灌漑利用の観点からは農業集落排水処理水の安全性に直接関与する重要なものであると考えられる。

(5) 活性汚泥法(連続流入間欠ばっ気活性汚泥方式)の BOD 除去性能の安定を図るためには、流入水の水温と流入負荷に応じて水学的滞留時間を確保するとともに、ばっ気槽内の MLSS 濃度とばっ気空気量を適切に設定することの重要性が示唆された。

(6) 本研究で得られた成果を基に、沖縄県農業集落排水事業推進協議会の維持管理検討会議・現地研修会等において、農業集落排水施設のよりよい運転管理と処理水の再利用に向けた普及啓発活動を実施した。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計 5 件)

李 雨桐, 中野 拓治, 中村 真也, 山岡 賢, 阿部 真己, 連続流入間欠ばっ気活性汚泥方式の農業集落排水施設におけるばっ気槽管理と BOD 除去性能に関する研究, 農業農村工学会論文集, 査読有, Vol.87, No.1, 2019, pp.1\_61-1\_71

李 雨桐, 山岡 賢, 阿部 真己, 畑 恭子, 中野 拓治, 農業集落排水施設流入汚水量の実態と影響要因に関する研究, 農業農村工学会論文集, 査読有, Vol.86, No.2, 2018, pp. \_243-253

中野 拓治, 李 雨桐, 阿部 真己, 畑 恭子, 状態空間モデルの適用を通じた農業集落排水施設流入水の日水量負荷変動と変動特性抽出に関する研究, 農業農村工学会論文集, 査読有, Vol.86, No.1, 2018, pp.1\_9-1\_17

中野 拓治, 宮城 俊彦, 渡久山 章, 治多 伸介, 山岡 賢, 熱帯・亜熱帯地域水環境に関する研究動向, 水環境学会誌, 査読有, Vol.40, 2017, pp.436-440

中野 拓治, 畑 恭子, 金城 健正, 渡辺 暢雄, 亜熱帯沿岸域を含む健全な水環境の構築と管理に向けた取組(地域の暮らしとサンゴ礁生態系つながり構築に向けて), 日本サンゴ礁学会誌, 査読有, Vol.19, 2017, pp.95-108

### 〔学会発表〕(計 14 件)

李 雨桐, 中野 拓治, 治多 伸介, 山岡 賢 (2019): 連続流入間欠ばっ気活性汚泥法による農業集落排水処理水の灌漑利用からみた水質特性, 平成 30 年度日本水環境学会九州沖縄支部研究発表会, 沖縄県市町村自治会館

中野 拓治, 李 雨桐, 治多 伸介, 山岡 賢 (2019): 生物膜法による農業集落排水処理水の灌漑利用からみた水質特性, 平成 30 年度日本水環境学会九州沖縄支部研究発表会, 沖縄県市町村自治会館

李 雨桐, 阿部 真己, 山岡 賢, 中野 拓治 (2018): 連続流入間欠ばっ気活性汚泥方式の農業集落排水施設の BOD 除去性能と運転操作因子, 平成 30 年度農業農村工学会大会講演会, 京都大学

治多 伸介, 佐野 奈津子, 久米 崇, 中野 拓治 (2018): 農業集落排水処理水で生育された作物の元素吸収の特徴, 平成 30 年度農業農村工学会大会講演会, 京都大学

中野 拓治, モハメド アムザド ホサイン, 中村 真也, 治多 伸介, 山岡 賢, 大山 盛嗣 (2018): ミズナ栽培試験による農業集落排水処理水の生育効果の検討, 平成 30 年度農業農村工学会大会講演会, 京都大学

李 雨桐, 中野 拓治, 阿部 真己, 畑 恭子, 仲村 千春, 山岡 賢 (2018): 農業集落排水施設の処理性能と運転効率化の試みに関する研究 連続流入間欠ばっ気活性汚泥方式を事例として, 第 52 回日本水環境学会年会, 北海道大学

中野 拓治, 李 雨桐, 阿部 真己, 畑 恭子 (2018): 農業集落排水施設生物反応槽の有機物・窒素除去特性とモデル構築, 平成 29 年度日本水環境学会九州沖縄支部研究発表会, 熊本大学

治多 伸介, 中野 拓治 (2017): 熱帯・亜熱帯における水処理技術の特性と展望, 第 20 回日本水環境学会シンポジウム, 和歌山大学

李 雨桐, 中野 拓治, 山岡 賢 (2017): 亜熱帯地域の農業集落排水施設における水量負荷の実態と影響要因, 第 20 回日本水環境学会シンポジウム, 和歌山大学

中野 拓治, 李 雨桐 (2017): 亜熱帯地域の農業集落排水施設運転効率化の試み (連続流入間欠ばっ気活性汚泥方式を事例として), 第 20 回日本水環境学会シンポジウム, 和歌山大学

李 雨桐, 阿部 真己, 畑 恭子, 山岡 賢, 中野 拓治 (2017): 農業集落排水施設における水量負荷特性の把握と運転効率化への試み, 平成 30 年度農業農村工学会大会講演会, 日本大学

中野 拓治, モハメド アムザド ホサイン, 中村 真也, 治多 伸介, 凌 祥之, 山岡 賢, 中村 真人, 大山 盛嗣, 李 雨桐 (2017): 小松菜栽培試験による農業集落排水処理水の生育効果の検討, 平成 29 年度農業農村工学会大会講演会, 日本大学

中野 拓治, 李 雨桐, 阿部 真己, 畑 恭子 (2017): 農業集落排水施設における運転管理効率化に向けた試み, 第 51 回日本水環境学会年会, 熊本大学

李 雨桐, 中野 拓治, 阿部 真己 (2016): 農業集落排水施設流入水における不明水の動態, 第 19 回日本水環境学会シンポジウム, 秋田県立大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名: 治多 伸介

ローマ字氏名: (HARUTA, Shinsuke)

所属研究機関名: 愛媛大学

部局名: 農学研究科

職名: 教授

研究者番号 (8 桁): 60218659

研究分担者氏名: 凌 祥之

ローマ字氏名: (SHINOGI, Yoshiyuki)

所属研究機関名: 九州大学

部局名: 農学研究院

職名: 教授

研究者番号 (8 桁): 10399363

研究分担者氏名: 中村 真也

ローマ字氏名: (NAKAMURA, Shinya)

所属研究機関名: 琉球大学

部局名: 農学部

職名: 教授

研究者番号 (8 桁): 30336359

研究分担者氏名: モハメド アムザド ホサイン

ローマ字氏名: (Md Amzad Hossain)

所属研究機関名: 琉球大学

部局名：農学部

職名：教授

研究者番号(8桁): 50452959

研究分担者氏名：山岡 賢

ローマ字氏名:( YAMAOKA , Masaru )

所属研究機関名：農研機構

部局名：農村工学研究部門

職名：ユニット長

研究者番号(8桁): 70373222

研究分担者氏名：中村 真人

ローマ字氏名:( NAKAMURA , Masato )

所属研究機関名：農研機構

部局名：農村工学研究部門

職名：上級研究員

研究者番号(8桁): 60414463