

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 山下 正

沖縄本島南部に位置する島尻地区は、サトウキビや生食野菜の栽培のために農業用水が必要であるが河川や地下ダム適地がないため、那覇市の下水処理水を再生（再処理）し農業用水として利用することを検討中である。しかし、利用しようとしている那覇浄化センターの下水処理水は、海面下に敷設された下水管の破損部分からの塩水地下水浸入により塩化物イオン濃度（以下「塩濃度」という）が高く、現状では農業用水として使うことができず、ない。作物の生育に支障の無い 200mg/L 以下に下水処理水の塩濃度を下げる必要がある。下水再生水の農業利用は海外の乾燥地を中心に行われているが、そのための基準や海水浸入下水の利用事例は海外にもない。そこで、本研究では、下水処理水の塩濃度を下げて農業利用するために、下水管への塩水地下水浸入対策を工学的ならびに制度的に検討し、さらにこれを踏まえて、今後、国内外の沿岸都市の下水再生水を農業利用する場合に一般的に利用できるように、計画の指針と手法をまとめ示したものである。

第 1 章～第 3 章では、研究の背景と目的および対象地について述べている。

第 4 章では、那覇浄化センターに接続する幹線下水管において塩濃度と流量の測定を行い、下水管の内部を樹脂でライニングして塩水地下水浸入を防ぐ管更生案と、下水処理施設における処理系統の経路の変更により塩濃度が低い下水のみを集めて処理するバイパス案を比較検討した。まず、那覇処理センターの 4 つの幹線のうち既存調査で濃度が低いことが概ね分かっている 2 つの幹線において、下水管理設標高が満潮海面以下で塩水地下水浸入の可能性のあるマンホールで自記記録式の電気伝導度による塩濃度測定計と水位・流速計による流量測定を、を設置し、大潮時を含む一定期間に濃度と流量の連続測定を行った。別の 2 幹線においては、塩水地下水浸入の可能性のあるマンホール等の濃度を、電気伝導度計（非自記記録式）で、濃度と流量の大潮の満潮時の測定を行い求めた。その結果、塩濃度は潮位と連動していること、4 幹線のうち 2 幹線小禄（おろく）幹線と南風原（はえばる）幹線の塩濃度は低く那覇幹線と安謝（あじゃ）、他の 2 幹線の塩濃度が高いことを明らかにした。管更生案の費用算定には末端下水管の補修が必要な破損区間長を求める必要があるが、膨大な末端下水管を全て調べることはコストと労力の点で現実的でない。そこで、まず、幹線下水管に接続する海面下の末端下水管の単位長さ当りの塩化物イオン負荷量が各幹線で最も大きい排水区を選定し、次に、選定した排水区の塩濃度測定により末端下水管の塩水地下水浸入区間長を求め、さらに、末端破損区間長は塩水地下水浸入量に比例すると仮定して選定した排水区と那覇処理区全体との塩水地下水浸入量の比率により那覇浄化センター全体の末端下水管の塩水地下水浸入区間長を推定した。ここではその際に、電気伝導度による濃度測定のみで任意区間の塩水地下水浸入量の算定を、正確な測定の困難な水収支にはよらずに、出口における塩濃度と流量測定のみにより容易に推定算定できることを塩収支式に基づいて示し、この方法を使った。バイパス案については、那覇浄化センターの水処理が 4 幹線を 2 つの処理系統としてから構成されていることに着目し、下水管の切り替えや接続等を行うことにより塩濃度が低い下水を 1 つの

系統に集め処理した下水処理水を利用するものであり、この接続法について南風原幹線と小祿幹線の切り替えを行い南風原幹線の下水処理水だけを利用するケースや、南風原幹線を小祿幹線に接続し両幹線の下水処理水を利用する3つのケース等を検討した。管更正案とバイパス案の整備費、維持管理費、計画下水流量、対策後の塩濃度、濃度の安定性について検討し総合的に比較した結果、整備費、計画下水流量、対策後の濃度では優劣は明確でないが、管更生案は将来破損によって塩濃度が上昇する可能性があること、および将来の管更生費が農家負担になる可能性があることから、バイパス案が適当と判断した。

第5章では、下水道農業外（那覇市）の管理施設である下水道の形状を変更するバイパス工事の制度的検討のために、農業外の管理施設の形状を農業側が変更した類似の事例として、農地排水のために河川拡幅を行った事例を分析した。この事例では、河川管理者側（国交省）に河川拡幅を行う必要性はなく、農業側が、河川法第20条（管理者以外の者の施工する工事を規定）に基づき、河川管理施設の形状を農業側の負担で変更していることが分かった。河川拡幅の事例は、法解釈の観点からは、農業上の目的によって農業外の管理施設の形状を農業側が変更する点で下水道バイパス工事と同様であり、バイパス工事は、河川法第20条と類似の規定をしている下水道法第16条に基づき実施すべきと判断した。

第6章では、栽培予定作物の塩水生育試験を行い、塩濃度の低下目標を確認するとともに、栽培上の留意点と除塩対策を検討し、また、再生水製造プラントの通常時と事故等による塩分上昇時の管理の検討を行なった。その結果、ゴーヤー、サヤインゲン、マンゴーの生育等に塩濃度が高くなると影響が出た。この結果を踏まえ、塩濃度の低下目標を200mg/L以下とすることを確認した。また、栽培上の留意点として、作物の耐塩性を考慮し作付け制限等を行うこととした。さらに、ハウスの除塩対策として降雨時にハウスのビニールカバーを除去してリーチング等を行うこととした。再生水製造プラントの管理は、通常時は、遠方監視を行いながら、毎日施設の目視等を行う日常管理と、定期的に保守点検を行う巡回管理を組み合わせた無人管理とし、下水管の破損により下水処理水の塩濃度が上昇した場合は、下水道関係機関と農業関係機関が連絡調整を行いながら営農指導等を行うこととした。

以上、本研究は、沿岸都市の下水処理水を農業用水として使うための、塩水浸入量と破損区間長の推定方法、対策工法の比較、その工事を行う制度を示し、再生水製造プラントの管理と事故時の対応を含む計画を示し、計画の手順をまとめたものである。この研究は今後、下水再生水の農業利用を計画する場合の重要な指針を提供しており、学術上、応用上の価値が高い。よって、審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。