

論文の内容の要旨

論文題目 沖縄における下水処理水の農業利用の研究

氏 名 山 下 正

1. はじめに（第1章—第3章）

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等の農業用水が必要であるが、河川や地下ダム適地が無く、下水処理水を再生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市の下水処理水は、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「濃度」という）が高く、農業用水として使うことができない。作物の生育に支障の無い 200mg/L 以下に下水処理水の濃度を下げることが必要であるが、海外にもそのための基準や適当な事例は見当たらない。そこで、本研究では、下水処理水の濃度を下げ利用するため、新たな那覇市下水への塩水地下水浸入対策を検討する。即ち栽培にできるだけ支障の無いように下水処理水の濃度を下げる塩分低下対策を技術的、制度的に検討するとともに、一度低下した濃度が再び上昇した場合に必要な高塩分時対応した営農方法や再生水製造プラントの管理について検討する。また、これらの結果を踏まえ、一般的に利用できる指針や手法等を考察する。

2. 塩分低下対策（第4章）

濃度と流量の測定を行い、下水管の更生により塩水地下水浸入を防ぐ管更生案

と、経路の変更により濃度が低い下水のみを集めて処理するバイパス案を検討し比較した。

(1) 濃度と流量の測定

管更生案とバイパス案を検討するために、鏡原 MH 並びに小緑幹線及び南風原幹線における、塩水地下水浸入の可能性のある末端下水管との接続点直下流のマンホールの濃度と流量を、自記記録式の電気伝導度計及び水位・流速計を設置し、大潮時を含む一定期間の連続測定を行い、濃度と流量を求めた。また、管更生案を検討するために、大潮の満潮時に、塩水地下水浸入の可能性のある末端下水管との接続点直下流の他のマンホールやポンプ場（以下「マンホール等」という）の濃度を採水の上電気伝導度計（非自記記録式）で測定した（図 1）。

測定の結果、潮位と幹線下水管におけるマンホールの濃度の変動には関連性があり、特に大潮の満潮時をピークとして濃度が高くなる傾向が見られた。大潮の満潮時におけるマンホール等の濃度は、那覇処理区全体で $2,166\text{mg/L}$ で、年平均の 550mg/L 程度よりかなり高い値であった。

(2) 管更生案

一般に末端下水管は、どこでも同様の構造で似たような破損等が起こることとであり、破損区間長や破損区間長当たりの塩水地下水浸入量をどこでも同じと仮定すると、塩水地下水浸入量と塩水地下水浸入区間長は比例する。そのため、管更生案については、作業の効率性の観点から、まず、幹線下水管における満潮時の下水の濃度や流量から、それぞれのマンホール等への塩水地下水浸入量と、マンホール等の直上流に接続する海面下の末端下水管の単位長さ当たりの塩水地下水浸入による塩化物イオン負荷量（以下「負荷量」という）を推定した。次に、末端下水管の単位長さ当たりの負荷量が各幹線で最も大きい排水区の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、塩水地下水浸入量の比率により那覇処理区全体の末端下水管の塩水地下水浸入区間長を推定した。

推定の結果、那覇処理区全体の末端下水管の塩水地下水浸入区間長は、 $3.2\sim 15.9\text{km}$ となった。

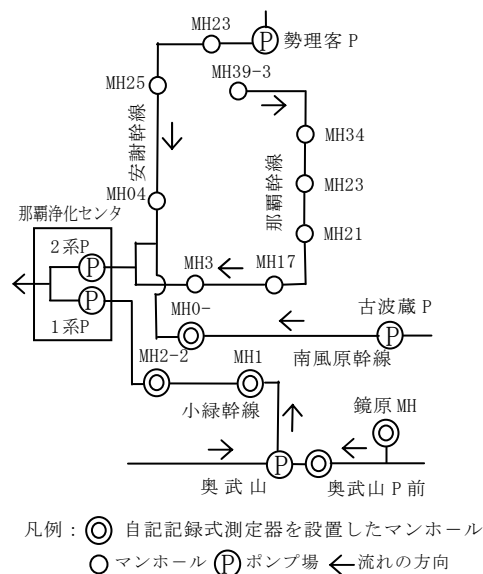


図 1 測定を行った幹線下水管のマンホール及びポンプ場の位置

(3) バイパス案

バイパス案は、那覇浄化センターのWater処理が2つの系統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濃度が低い下水を1系処理系統に集め処理するものであり、次のケースを検討した。ケース1は南風原幹線と小禄幹線の切り替えを行い南風原幹線の下水だけを、ケース2は南風原幹線を小禄幹線に接続し両幹線の下水を(図2)、ケース3は南風原幹線を直接接続し両幹線の下水を1系処理系統で処理するものである。また、ケース2と3は、下水の濃度が顕著に高い鏡原MH排水区の下水管を管更生することや、鏡原地区の下水だけを2系処理系統へ送ることも検討した。

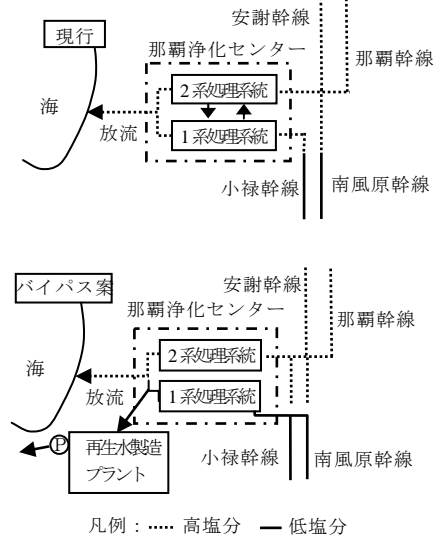


図2 バイパス案(ケース2)のイメージ図

(4) 管更生案とバイパス案の比較と指針等の検討

以上の検討を踏まえ、整備費、維持管理費、濃度低下の程度、濃度の安定性等について検討し総合的に比較したところ、表1のとおりとなった。整備費、計画下水流量及び濃度の低下の程度では優劣を判断できないが、バイパス案は将来濃度が上昇する可能性が管更生案よりも低いことから、バイパス案が適当と判断した。また、一般的に利用できる塩分低下対策の指針や塩水地下水浸入区間長の推定手法を考察した。

表1 管更生案とバイパス案の比較

| | 管更生案 | バイパス案 |
|---------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 整備費 | 5~25億円程度 | 2~30億円程度 |
| 維持管理費(農業側) | 将来管更生費が農家負担になる可能性がある。 | 0又は3百万円/年程度 |
| 計画下水流量 | 20.4万m ³ /日 | 5.2~7.8万m ³ /日 |
| 塩化物イオン濃度低下の程度 | 200mg/L以下 | 200mg/L以下 |
| 塩化物イオン濃度の安定性 | 将来塩化物イオン濃度が上昇する可能性は低い、バイパス案と比べると高い。 | 将来塩化物イオン濃度が上昇する可能性は極めて低い。 |

3. 農業外の管理施設の形状を農業側が変更するための制度(第5章)

農業側の排水事業で行った河川拡幅について分析したところ、河川側に速やかに拡幅を行う必要性は無く、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、農業上の目的を持って河川管理施設の形状を変更していることが分かった。河川拡幅の事例は、バイパス案と工事の内容は異なるものの、法解釈の観点からは、農業上の目的を持って農業外の管理施設の形状を農業側が変更する点で同様であり、バイパス案は、河川法第 20 条と類似の下水道法第 16 条に基づき実施すべきとの結論を得た。これらを踏まえ、農業外の管理施設の形状を農業側が変更するための一般的に利用できる制度の検討手順を考察した。

4. 高塩分時対応した営農方法と再生水製造プラントの管理 (第 6 章)

塩水生育試験で、ゴーヤー、サヤインゲン、マンゴー等に濃度が高くなると影響が出ることが分かった。これらの結果を踏まえ、濃度の低下目標を 200mg/L 以下とすることを確認した。また、栽培上の留意点は、作物の耐塩性を考慮し作付け作物の制限等を行うこととした。さらに、除塩対策は、ハウスのビニールの除去等を行うこととした。下水処理水の取水方法は、再生水の電気伝導度を計測し、濃度が 200mg/L に相当する電気伝導度を超えた場合に自動的に取水バルブを閉じることとした。これらを踏まえ、高塩分時対応した営農方法の指針を考察した。

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、毎日施設の状況の目視等を行う日常管理と、保守点検を行う巡回管理を組み合わせた無人管理が適切と判断した。事故で下水処理水の濃度が上昇する場合は、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農家への営農指導等を行うこととした。

5. おわりに (第 7 章)

本研究で検討した新たな塩水地下水浸入対策の主な内容をとりまとめると次のとおりである。①管更生案とバイパス案を検討し比較した結果、バイパス案が適当と判断した。また、塩分低下対策の指針と塩水地下水浸入区間長の推定手法を考察した。②バイパス案は、下水道法第 16 条に基づき実施すべきとの結論を得た。また、農業外の管理施設を形状変更するための制度の検討手順を考察した。③栽培上の留意点は作付け制限等、除塩対策はハウスのビニールの除去等、下水処理水の取水方法は濃度が 200mg/L を超えた場合に自動的に取水の停止等を行うこととした。また、高塩分時対応した営農方法の指針を考察した。④再生水製造プラントの管理は、無人管理を行うのが適当と判断した。また、事故で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。