

傾斜土槽法により浄化された下水処理水を用いた植物栽培の収穫効率の検証

香川高等専門学校 学生会員 ○西岡 一樹
香川高等専門学校 正会員 多川 正

1. はじめに

国際河川の流域諸国のような広範囲を対象とした環境改善を目指す場合には、人口の密集している都市部だけを対象とするのでは不十分であり、分散している地方住民の生活排水にも目を向けていく必要がある。実際の国際河川流域国の都市部の場合でも、活性汚泥法と塩素消毒を用いた一般的な処理方法を採用している事例もあるが、現状地方コミュニティにおいては最適であるとは言えない。また、地域に適した手法を提供し、定着したとしても、全体からすればその影響度合いは極めてわずかなり、さらに、広域に渡るすべての地域にそれぞれ最適な手法を提案することは現実的ではない。この課題を解決するためには、住民の負担にならないように簡易的で、普及性が担保される付加価値を兼ね備えた手法の提案が必要となる。

本研究では、運用・管理が容易で、素材の組合せや自由度が高く、容易に現地で資材が入手可能な傾斜土槽法を排水処理の基礎とする。そして、処理水質の把握を行うとともに高価格で取引されるサフランの栽培を処理水で行い、植物の生育への影響を調査する。現段階における目的は、傾斜土槽のフレキシブルな構造を生かした有用植物の生育に適する処理水レベルの浄化を行うことで、栽培したサフランの有価部位の収穫効率を体感可能な段階まで引き上げることである。

2. 実験方法

実験に使用する傾斜土槽の各 Case における様子を Fig.1 に示す。基本となる Case 1 の構造は、縦 3 段に積層された各容積約 6 L の処理槽に分かれており、1,2 層目では好気条件下で主に有機物の除去を目的とし、短絡流防止のための隔壁とその間に充填されたスポンジ担体で構成されている。3 層目は、嫌気条件下で硝化・脱窒反応を促進させることを目的として、上層よりも高い隔壁と軽石及びスポンジ担体で構成されている。スポンジ担体には、腐葉土を濾した液体を植種した。Case 2 では、硝化・脱窒反応をより促進させるために、温度上昇と気密性向上を目的とし、全層の壁面外部に新聞紙を取り付け、3 層目の表面をフィルムで被覆した。Case 3 の期間は Case 2 の状態の 1 層目にサフランを 20 球植え付けた。実験に使用する下水は分流式の都市下水の一次処理水とし、2022 年の 10 月 21 日から 12 月 23 日の測定期間中に、1 日当たり 1 L を毎分約 5 mL の速度で連続して通水を行った。

また、金銭的な要素を重視し高付加価値として選定したサフラン(*Crocus sativus*)に対して、処理水がどのように影響するのかを調査するために、水と処理水で水耕栽培を実施し、生育の様子を観察した。サフランの栽培時には、収穫効率の悪さと栄養分を過剰に与えた際に問題となる窒素分への軟弱性が課題となる。これらの実情を把握するために、生育期間終了時の有価部位の収穫量の計量と栄養源として与える処理水に対して、特に T-N（全窒素）に注目した水質分析を実施した。



Fig.1 各 Case の様子（左から Case 1,2,3）

3. 実験結果および考察

通水開始後 7 日ごとに測定した各 Case における水質分析の結果を Table 1 に示した¹⁾。事前に実施したペプトン単一基質の模擬人工下水による通水実験²⁾と今回の各 Case の結果から有機物及び全窒素の除去率を比較する。また、使用する排水と運用時期以外は同条件である。事前実験では、CODcr が 89 %,T-N は 61 %の除去が発揮できていたのに対して、本実験の Case 1 では CODcr が 60 %,T-N は 9 %程度となり、性能が低下していた。要因としては、実験初期段階では流入下水の水質の変化に微生物が対応できておらず処理能力が低下した上、その後は傾斜土槽を屋外のビニールハウス内に設置していたことから、季節の変化による気温の低下の影響を受けて、微生物の活性が低下し、菌叢が都市下水の処理に適した構成に変化することが阻害され低迷したと示唆された。その後、除去能力を改善するため、Case 2 及び Case 3 にて傾斜土槽の構造を変更して経過観察した結果、Case 2 において一定の効果は見られたが、事前実験と同水準の明確な除去能力の向上は見られなかった。Case 1 の期間中の平均水温は約 17.2 °C であり、Case 2 の期間中の水温が 12.6 °C であったので、新聞紙による温度上昇効果はそれほど有効ではなく、3 層目の表面をフィルムで被覆したことによる酸素の遮断も流出時の DO が依然として高水準であったことから不十分であると言えます。今回のハード面における改良で目的を達することは困難であった。

キーワード：傾斜土槽、処理水再利用、植物栽培、収穫効率、サフラン

連絡先：〒761-8058 香川県高松市勅使町 355 香川高等専門学校 環境工学研究室 TEL：087-869-3928

Table 1 水質分析結果 (10/21~12/23)

単位	流入下水		Case 1		Case 2	Case3
	10/21~12/23		10/21~12/2		12/9	12/16~12/23
pH	6.97	±0.61	6.93	±0.42	7.07	7.19 ±0.01
DO mg/L	1.08	±1.28	7.67	±1.77	7.74	8.83 ±0.37
CODcr mg/L	148	±94	51.3	±33.7	36.0	97.5 ±7.50
T-N mg/L	33.3	±4.14	29.4	±5.0	28.0	31.4 ±1.60
T-P mg/L	11.8	±4.04	9.26	±2.0	8.40	9.65 ±0.45

4. サフラン栽培の検証結果

サフランの栽培方法別の球根 1 球当たりの収穫重量を Table 2 に示す.栽培密度による影響を検証するために,水道水を使用して 5,10,50 球と密度を変化させて栽培し,収穫を行った.また,処理水の栄養源としての有効性を評価するために,処理水のみを与えての栽培も実施した.結果として,高密度になればある程度収穫量が減少するが,その影響以上に処理水を使用することで収穫量は増加することが確認できた.傾斜土槽法による処理水を栄養源として継続的に与えることで,過密栽培のデメリットを補えることが示唆される.

Table 2 サフラン 1 球当たりの収穫量

	水道水				処理水	
	5球	10球	50球	平均	10球	平均
1球当たりの 収穫重量(mg)	8.76	6.28	7.60	7.54 ±2.03	11.11	11.55 ±1.49

次に実際にサフランに与えた処理水の水質がどのように変化するかを把握するために,スポンジに処理水を含ませ栽培したものを Case A,処理水にそのまま浸したものを Case B,傾斜土槽と同様の構造の中にサフランを加えたものを Case C として,2 日後及び 7 日後の CODcr 及び T-N を調査した.実際の栽培の様子を Fig.2,CODcr の測定結果を Fig.3,T-N の測定結果を Fig.4 に示す.CODcr の除去については 2 日後には Case C を除いて濃度が増加し,7 日後には全ての Case で CODcr 濃度が上昇した.このことから,サフランの水耕栽培を行うとサフランから有機物が水中に排出され,栽培水の汚染が発生することが確認された.Case 3 において,CODcr の除去率が低下したが,この際にもサフランを植え付けたことによる同様の要因が影響していると示唆される.一方で,T-N の除去に対しては高い効果があり,特に 7 日後の Case B では約 93 %がサフランに吸収された.現状では上記の栽培方法によるサフランの根腐れ等の生育不良は確認されておらず,Case 3 のほぼ未処理の下水と接するサフランでは根腐れが見られたことから傾斜土槽の処理により,下水中に含まれる窒素分はサフランが十分に吸収可能な形態まで変化していると言える.



Fig.2 サフランの栽培の様子 (左から Case A, B, C)

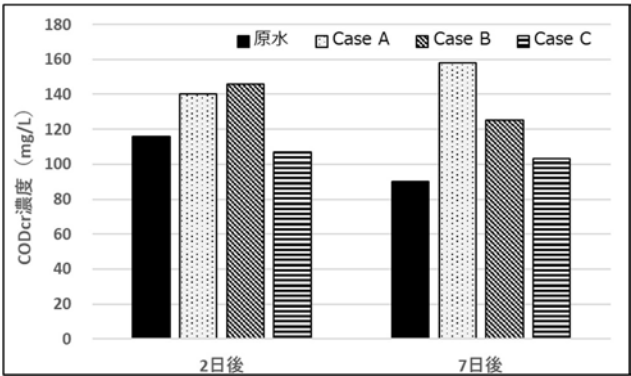


Fig.3 CODcr 濃度測定結果

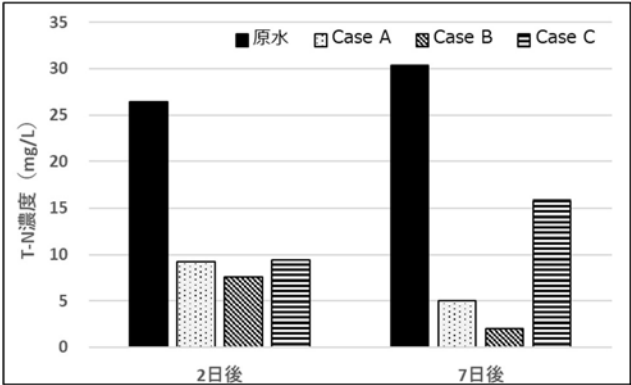


Fig.4 T-N 濃度測定結果

5. 結論

傾斜土槽法を用いた都市下水の浄化能力は,検証した実験装置構成では有機物や窒素の除去は高いレベルでは確認されず,人工下水を使用した通水実験と比較しても性能が低いことが判明した.特に植物の生育に大きく影響する窒素分については,ほとんど除去されていなかった.しかしながら,サフランの生育によって窒素が有効に吸収することが判明し,今回使用した装置でもサフランに悪影響を及ぼさない程度までの浄化は達成された.また,同様に重要な目標である収穫効率の向上については一定の傾向の把握は行えたが,住民が体感可能な差異を生み出すことまでは困難であると言える.

今後目的達成のためには,単に収穫効率を追い求めるのではなく,サフラン栽培の有用性の捉え方を変える必要がある.他にも装置と有用植物の最適な接続方法等の検討すべき事項は存在しているが,排水処理装置に植物を直接配置可能な傾斜土槽法は,浄化装置に加えて植物の栽培機能を有することで,窒素等の処理という弱点を補えるハイブリッドな持続可能な装置であると言える.そのため,利点を効果的に活用すれば,途上国のみならず日本国内の農村などにも適応が期待できる.

参考文献

1) 西岡ら: 傾斜土槽法による下水の浄化能力の検証及び処理水を用いた植物生育の影響調査, 第 57 回日本水環境学会年会, 2023.
2) 西岡ら: 途上国の地方分散小規模コミュニティに受け入れられる低コスト型排水処理装置の基礎的検証, 土木学会四国支部第 28 回技術研究発表会, 2022.