

初沈+DHS 下水処理システムに付加する新規消毒システムの開発

香川高専専攻科 学生会員 ○景政柊蘭 長町晃宏 多川正, 東北大学院・工 久保田健吾,
 東北大・NICHe 高橋優信 原田秀樹, 新潟薬科大・応用生命 井口晃徳
 長岡高専 押木守 荒木信夫, 木更津高専 大久保努 上村繁樹

1. はじめに

現在, エジプトなどの乾燥開発途上国では急激な人口増加に伴い, 水需要は増加している. そこで, 下水処理水を灌漑用水として再利用することが国家的に進められているが, 下水道などのインフラの導入や環境整備が不充分である. 主に地方の小規模な農村地域において, 下水が未処理・処理不十分なまま垂れ流され, 灌漑利用によって健康リスクが大きくなっている¹⁾. 処理不十分下水の灌漑利用の様子を図1に示す. そこで我々の研究グループでは低コストかつ高い処理能力を持つ初沈+DHS システムを考案し, 衛生学的指標である糞便性大腸菌群数(以下 F.coli と称す)が, エジプトの下水処理水の農業再利用水質基準値 (5×10^3 MPN/100mL, 以下基準値と称す)を達成できるかの評価を行い, さらに処理水のポリッシュアップを目的とした後段のプロセスの検討を行った. 表1にエジプトの下水処理水の農業再利用のための基準値を示す.



図1 エジプトの汚水灌漑の様子

表1 下水処理水の農業再利用のための基準値

要求される処理のグレード		A	B	C
BODおよび浮遊粒子状物質(SS)の基準値	BOD ₅	<20	<60	<400
	SS	<20	<50	<250
F. coli(n/100mL)の基準値		<1,000	<5,000	—

処理のグレード	農作物のグループ
G2-3 都市周辺のグリーンベルトの樹木や道路、高速道路の植林	モクマオウ、樟、タマリクス、オレアンダー、果実用樹木、ナツメヤシ、オリーブ
G2-4 苗木	装飾用樹木、果実用樹木の苗木
G2-5 パラ、切花	バラ、イーグルローズ、グラジオラス
G2-6 繊維作物	亜麻、ジュート(黄麻)、ハイビスカス、サイザル麻
G2-7 絹糸生産用の桑の木	桑の木

表2 DHS リアクター運転条件

	実験日数(日)	HRT(hr)	DHS処理水 BOD(mg/L)	DHS処理水 SS(mg/L)
Phase1	1~56	3.2	DHSリアクター馴養期間	DHSリアクター馴養期間
Phase2	57~130	1.6		
Phase3	131~554	0.8	30±17	20±11
Phase4	555~789	1.6	16±9	14±8
Phase5	789~1001	3.2	10±8	8±4
Phase6	1001~1400	2.4	13±11	15±11

2. 実験方法

(1) 長期連続処理

表2に DHS リアクター運転条件を示す. 実験装置は日本国内の下水処理場内に設置した最初沈殿池と 20 m³/d 処理規模の DHS リアクター φ0.8m×H6.53m 有効容積 2.4m³によって構成される. 処理下水量を段階的に変化させることで HRT を変更し, 処理性能を調査した. 水質分析サンプルは生下水, DHS 流入下水(初沈処理水), 及び DHS 処理水とし, F.coli は下水試験方法(LB-EC 法: 最確数法)に準拠し測定を行った.

(2) 銅電極による E.coli 除去

実験では, 「銅しましょ」(株式会社ロングリーチ社製, φ46×全長 238 mm, 内電極部全長 187 mm)を用い, 所定時間通電することで銅イオンを発生させた. DHS 処理水 2L に銅電極を浸して通電を行い, 通電直後のものについて水温, pH, 銅イオン濃度(以下 Cu²⁺と称す), E.coli を測定した. Cu²⁺は銅分析試薬 TNT PLUS(HACH 社)を用いて行い, E.coli の測定についてはコンパクトドライ(ニッスイ EC)を1サンプルにつき3枚用いて平均化した²⁾.

(3) 静置時間の検討及び CuCl₂による E.coli 除去

DHS 処理 500mL に Cu²⁺が 2mg/L と 4mg/L になる様に塩化銅(CuCl₂)を添加し測定を行った. 薬品を添加した DHS 処理水は, 薬品添加後静置時間を設けた. 各サンプルの静置時間は, 薬品添加直後から 2hr と 24hr とし, サンプルの静置中は攪拌を行わなかった. 測定サンプルについては, DHS 処理水に薬品を添加した直後のものと, 薬品添加後に静置時間を設けたものとし, 水温, pH, Cu²⁺, E.coli であり, E.coli の測定についてはコンパクトドライを1サンプルにつき3枚用いて平均化した.

3. 実験結果と考察

(1) 長期連続処理

長期連続処理実験の水温、F.coliの結果を図2に示す。生下水とDHS流入下水のF.coliの値に関してほとんど変化はない。DHS処理水に関してはHRTが長いほどF.coliの除去は向上する傾向であり、HRT3.2hrと最も長いPhase5のF.coli平均値は $9 \times 10^4 \pm 2 \times 10^5$ MPN/100mLまで除去可能であったが、基準値を達成していなかった。また、コンパクトドライによる測定ではHRT2.4hrの時E.coli平均値243個/mLであった。塩素消毒前の既設活性汚泥施設による処理においてもF.coli平均値は $6 \times 10^4 \pm 3 \times 10^5$ MPN/100mLとなっており、基準値を達成していない。これらのことから、F.coli向上のためには、新たな後段処理の導入が必要であると考えられた。

(2) 銅電極によるE.coli除去

銅電極によるE.coli除去実験結果を図3に示す。pHは、 Cu^{2+} の増加に伴って微小に増加し、弱アルカリ性を示した。 Cu^{2+} の増加と共に、E.coliは減少傾向となった。未処理のDHS処理水のE.coliは、 Cu^{2+} が4mg/Lに上昇すると、E.coliは3個/mLとなり約90%減少した。コンパクトドライとLB-EC法の相関関係より、E.coliが3個の時、概ねF.coliの基準値を達成する可能性が高いことが示された。加えて、通電終了後静置時間を設けると時間の経過と共にE.coliが減少することが確認された。

(3) 静置時間の検討及び CuCl_2 によるE.coli除去

静置時間の検討及び CuCl_2 によるE.coli除去実験結果を図4に示す。全ての実験条件においてpHは、 Cu^{2+} や静置時間の増加に伴って微小に増加するが全て中性域であった。 Cu^{2+} 調整直後のE.coliはそれぞれ CuCl_2 (2mg/L) : 137個/mL(減少率28%)、 CuCl_2 (4mg/L) : 173個/mL(9%)、銅電極(2mg/L) : 113個/mL(40%)、銅電極(4mg/L) : 140個/mL(26%)であった。 CuCl_2 と銅電極共に処理直後の減少率は低かった。しかしながら静置時間2hrの時、全ての条件においてE.coliは急激に減少しており除去率は CuCl_2 (2mg/L, 4mg/L)が98%、銅電極(2mg/L, 4mg/L)が99%であり、静置時間24hrで完全に除去された。このことから静置時間を設けることで、E.coliの除去が進行するといえる。 Cu^{2+} の排水基準値は、下水道法では3mg/L以下であり、水道水質基準では1.0mg/L以下である。E.coliの除去のために必要な Cu^{2+} は低い方がよい。よって基準値を満たす条件としては Cu^{2+} 2mg/L、静置時間2hr以上が好ましい。また、銅電極と CuCl_2 のE.coliがほぼ同様の挙動を示したことから銅イオンによってE.coliの除去が行われたと考えられる。

謝辞

本研究の一部は、先導的科学研究開発費補助金による助成をいただきました。記して謝辞といたします。

参考文献

- 1) 上村繁樹ら、エジプトにおける下水処理水の灌漑利用の実態とその改善に向けての今後の展望、用水と排水技術報告、Vol.57 No.3, p.219-p.229, 2015
- 2) 景政終蘭ら、乾燥途上国における下水の灌漑再利用のための処理システムの開発、第51回日本水環境学会年会、2017

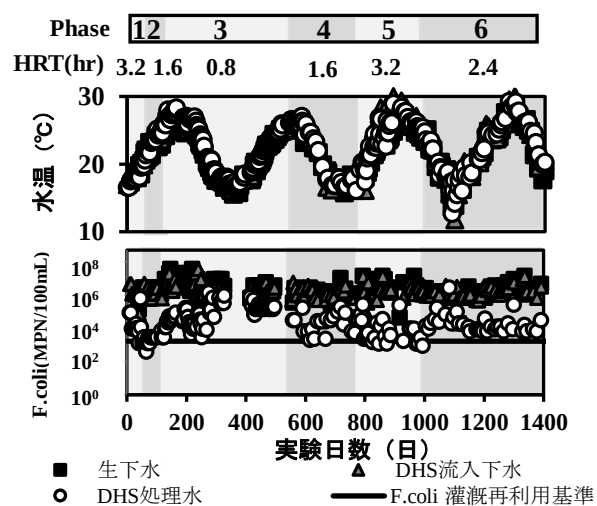


図2 連続処理実験結果

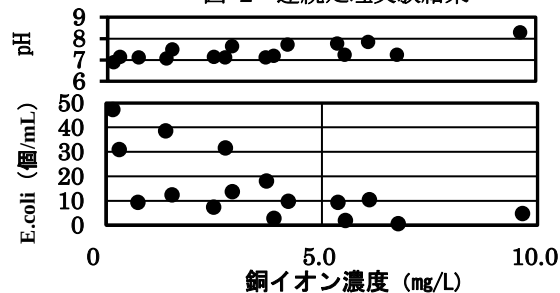


図3 銅電極によるE.coli除去実験結果

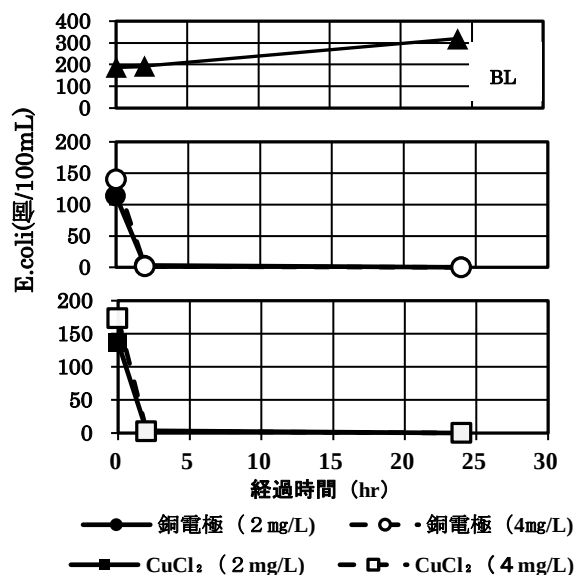


図4 静置時間の検討及び CuCl_2 によるE.coli除去