

下水処理水を湛水させた土壌カラム中の多成分化学種の動態

九州大学工学部 学生員 吉本 拓磨
九州大学工学部 学生員 森田 守
九州大学工学研究科 正会員 広城 吉成
九州大学工学研究科 正会員 神野 健二

1. はじめに

福岡市は地理的に水資源に乏しい都市である。従って、福岡市は水の有効利用等を進めることにより、生活に必要な水の安定供給を努める必要がある。水の有効利用には、下水処理水の再利用等も検討されており、河川の維持流量の安定や上水道への利用に期待が寄せられている。しかしながら、処理水の再利用には水質の面で多くの問題を残しており、どのような方法で浄化すべきかについても多くの検討が必要となる。本研究では、土壌の持つ浄化作用に着目し、下水処理水が土壌を浸透する際に起こる水質変化を明らかにするために、下水処理水(2次処理水)を湛水させた土壌カラム実験を行った。

2. 実験概要

実験装置の概略を図-1に示す。カラム内には、休耕田作土に約5cm長に切った稲わら(約1kg)を混ぜたものを水道水と混ぜ合わせて充填した。その後、下水処理水を湛水させ、水位を5cmに保った。カラムには、10cm毎に酸化還元電位電極及びポーラスカップを8ヶ所設置した。

1999年11月18日15:50に実験を開始した(すなわち湛水開始)。分析・測定の対象項目は Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 NH_4^+-N 、 NO_3^--N 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、全有機態炭素(TOC)、pH、電気伝導度(EC)、酸化還元電位(ORP)とし、表-1にカラムに注入した下水処理水の水質測定値(平均値)、表-2に75cmの水質測定値(12月9日)を示す。

表-1 下水処理水の水質測定値(平均値)

Na^+	0.304	meq l^{-1}	NH_4^+	0.67	meq l^{-1}
K^+	0.019	meq l^{-1}	NO_3^-	0.0054	meq l^{-1}
Mg^{2+}	0.030	meq l^{-1}	SO_4^{2-}	4.31	meq l^{-1}
Ca^{2+}	0.053	meq l^{-1}	HCO_3^-	1.74	meq l^{-1}
Fe^{2+}	0.170	meq l^{-1}	Cl^-	8.26	meq l^{-1}
Mn^{2+}	0.025	meq l^{-1}	TOC	1.83	mg l^{-1}
pH	7.2		EC	1.25	mS cm^{-1}

表-2 75cmの水質測定値(12月9日)

Na^+	0.040	meq l^{-1}	NH_4^+	0.0	meq l^{-1}
K^+	0.041	meq l^{-1}	NO_3^-	0.0016	meq l^{-1}
Mg^{2+}	0.192	meq l^{-1}	SO_4^{2-}	18.05	meq l^{-1}
Ca^{2+}	0.842	meq l^{-1}	HCO_3^-	10.82	meq l^{-1}
Fe^{2+}	3.68	meq l^{-1}	Cl^-	9.25	meq l^{-1}
Mn^{2+}	0.550	meq l^{-1}	TOC	36.7	mg l^{-1}
pH	6.8		EC	2.7	mS cm^{-1}

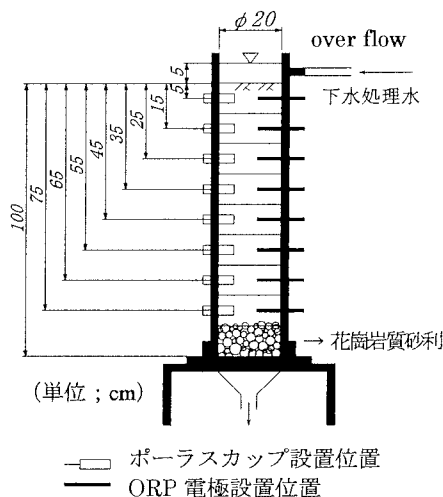


図-1 実験装置の概略図

3. 実験結果及び考察

図-2は深さ毎のORP(mV)と Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 濃度の経時変化を示す。なお、 Mn^{2+} 濃度は10倍した値をプロットしている。実験開始直後、ORPは1日で-300mV前後まで急低下し、その後上昇に転じた後、再度徐々に低下した。一方、 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 濃度は実験開始後3~4日で Mn(II,IV) の溶脱が見られ、10~20日後には Fe(III) の溶脱も確認された。一般に Mn(II,IV) は Fe(III) よりも早い段階で還元、溶脱されることが知られており、本実験でも同様な結果が得られた。

図-3 は深さ毎の SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- -N, NH_4^+ -N, TOC 濃度の経時変化を示す。なお, SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- -N, NH_4^+ -N 濃度はそれぞれ 2, 10, 10, 1000, 100 倍した値をプロットしている。図-3 より, SO_4^{2-} 濃度はすべての深さで減少している。これはカラム内部が還元状態となり, SO_4^{2-} が還元され硫化水素になった可能性, もしくは SO_4^{2-} は土壤に吸着し, 輸送に遅れが生じる場合もあり, どちらが主な原因かについては検討を要す。 Cl^- 濃度は各深さでほぼ一定であり, かつ下水処理水の水質測定値の値とほぼ同程度である。従って, Cl^- は化学的に不活性な陰イオンであることがわかる。 NO_3^- -N 濃度は各深さで減少している。これは脱窒により N_2O , N_2 ガスに変化したためと考えられる。一方, 脱窒の際に微生物に使われ減少すると予測される TOC は濃度が上昇し不安定な値を示している。

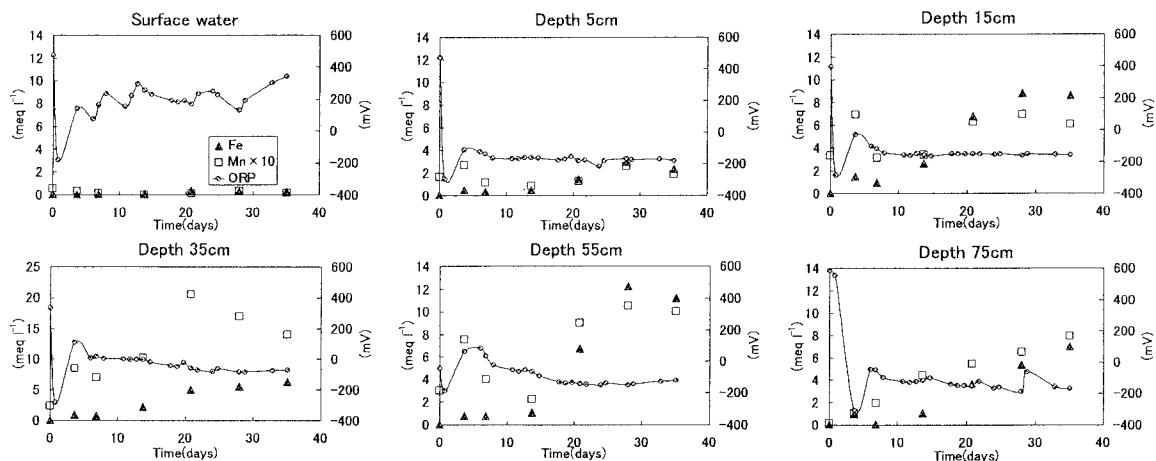


図-2 ORP, Mn^{2+} , Fe^{2+} 濃度の経時変化

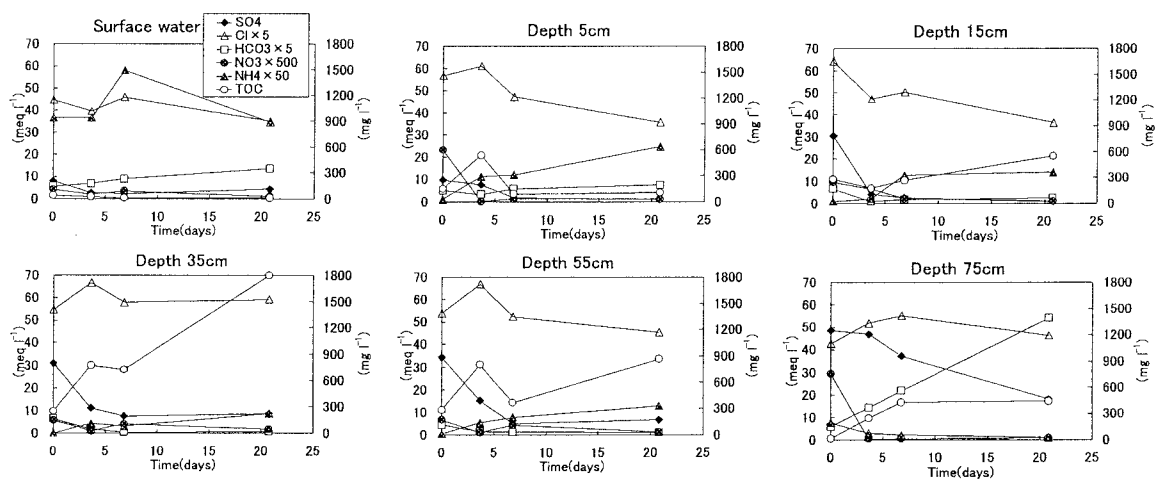


図-3 SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- -N, NH_4^+ -N, TOC 濃度の経時変化

4. まとめ

ORP 低下確認後, Mn^{2+} , Fe^{2+} が間隙水中に出現した。 NO_3^- -N 濃度はどの深さにおいても減少し, 脱窒によって窒素除去されたと言える。一方, 有機物の汚濁指標を表す TOC は不安定な値を示し, 今後は脱窒と TOC の関係を解明していくことが課題である。