

Numerical Analysis of Biological Denitrifying Reaction

Noriyoshi Yoshida and Yasuhiro Takeuti

The Department of System, The Faculty of Engineering, Shizuoka Univ.

Abstract

Eutrophication of rivers, lakes and so on is mainly caused by surplus nitrogen components in water. In the work, we tried to construct a mathematical model of denitrification process in which microorganisms convert nitrate into nitrogen gas. The simulation results with this model were compared with the experimental ones by other works (Arai, 1990; Nakajima, 1991) to estimate the validity of parameters used in this model. The change of the number of microorganisms and the concentrations of nitrogen components were simulated under the following conditions: artificial waste water containing nitrate is supplied continuously to the soil, and the soil is saturated with water.

Theory

連続嫌気処理装置(Fig. 1)内において、嫌気条件下の脱窒菌による窒素成分の除去反応を、(1),(2)式に、装置内で主に行われる主な解離反応式を式(3)に示す。これを移流分散方程式で表す。これらの数理モデル式において用いた仮定は次の通りである。(1)土壌中の液は一定の圧力で流れる。(2)土壌中の水分は飽和状態で含水率は時間と場所によらず一定(発生した窒素は素早く取り除かれる)。(3)温度は一様で一定。(4)微生物による反応は Monod の増殖速度式に従う。(5)菌体が固相表面に吸脱着するのを表現するのに、Langmuir の吸着等温式の原理に基づいて式変形したものをを用い、固相表面上の娘細胞の吸着量については、菌体が吸着できる固相表面空席数に比例している。(6) K^+ , NO_3^- はイオン化傾向が極めて強いので、すべて解離しているとし、液中の二酸化炭素における二段階目の解離平衡反応 $[CO_3^{2-} + H^+ \rightleftharpoons HCO_3^-]$ は、平衡定数が極めて低いので、起こらない。また、解離反応は多の反応と比べ瞬間的に起こる。(7)微生物一個の乾燥重量を $1 \times 10^{-9} \text{mg}$ とする。(8)微生物の組成を $(C_5H_7O_2N)_n$ とする。

Result

初期条件を実験では、 $S=S_0=125 \text{ mg/l}$, $[NO_3^-]=[NO_3^-]_0=50 \text{ mg/l}$, $X_3=X_{S0}=4.64 \text{ cells/mg-dry soil}$ とし、未知パラメータを推算して計算を行った。14 日後について、硝酸イオンの実験値と計算値との比較をそれぞれ Fig. 2 に示す。

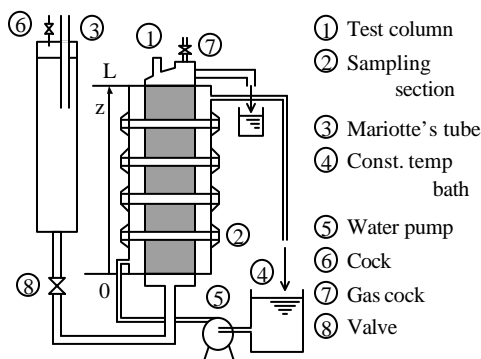
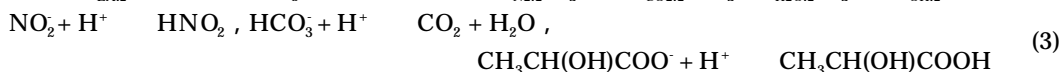
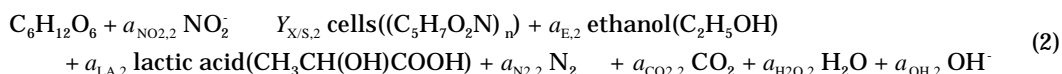
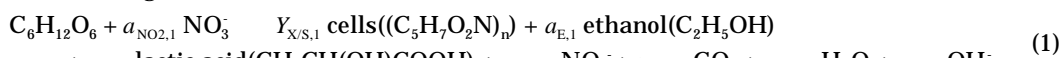


Fig. 1. The diagram of experimental apparatus for continuous anaerobic treatment.

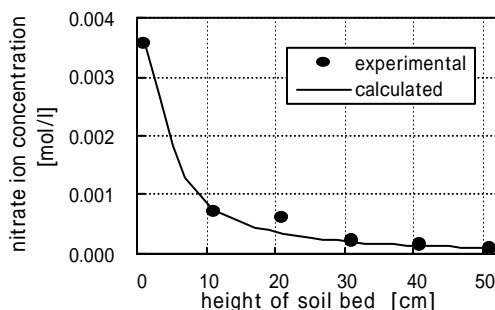


Fig. 2. The profiles of nitrate ion along the soil depth when 14 days have passed, comparing experimental data with simulation results.