

下水土壌処理における硝化速度の
ステップ応答特性

広島大学工学部 正 員 寺西 靖治
広島大学工学部 正 員 ○山口 登志子
神戸市 松木 靖
広島市 日高 一成

1. はじめに 急速浸透処理法における土壌内の硝化速度が、供給基質濃度（アンモニア性窒素）の段階的変化に対しどのように応答するかを明らかにし、硝化速度と供給基質濃度、間隙内平均流速、分散係数、温度との関係について考察する。

2. 解析方法 本研究では、内径20 cm、長さ50 cmの土壌カラム（3本）に塩化アンモニウム溶液を連続供給し、土壌内窒素の分布を経時的に調べた。カラム名をそれぞれC-1、C-2、C-3とする。アンモニア性窒素の供給濃度を20、40、60、80、120 ppmと段階的に変え、温度は30℃、20℃で行った。実験条件を表1、2に示す。同様の実験を10℃でも行った。カラム名はそれぞれNM20、NM40、NS20でこの実験では供給基質濃度は一定である。実験条件を表3に示す。この実測データを直線補間とバラボリック補間によって補間し、次式に示す反応移流分散方程式を差分化した式によって硝化速度を計算する。このとき差分の格子間隔は深さ方向 $\Delta x = 5 \text{ cm}$ 、時間方向 $\Delta t = 1 \text{ 日}$ である。

$$\Phi_{i,n} = \frac{C_{i,n+1} - C_{i,n}}{\Delta t} + u \frac{C_{i+1,n} - C_{i-1,n}}{2\Delta x} - D \frac{C_{i+1,n} - 2C_{i,n} + C_{i-1,n}}{(\Delta x)^2}$$

ここに、C：基質濃度、u：間隙内平均流速、D：分散係数、 Φ ：反応項（硝化速度）で、 Δx 、 Δt は距離および時間方向の格子間隔である。この時、データの補間法により硝化速度の値に違いはみられないので直線補間の値を用いて考察する。

3. 結果と考察 カラムC-1における硝化速度の挙動を図1に示す。硝化は5 cmでほぼ終了しているので、5 cmだけの硝化速度の挙動を示す。ここで、破線の左側が30℃、右側が20℃で破線が92日である。これより、最初定常するまでにある程度の日数を必要としているが、その後は供給基質濃度の段階的変化に対して硝化速度はステップ的に変化する。本研究では、これをステップ応答と呼ぶ。次に、硝化速度と供給基質濃度の関係は図2に示すように、それぞれのカラムでは比例しているが、その傾きに

表1 実験条件

	C-1	C-2	C-3
使用した土	マサ土	マサ土	混合土
供給速度 (ml/hr)	200	300	300
U (cm/day)	86.4	132	120
D (cm ² /day)	129.6	204	182.4

表2 実験条件 (Runごと)

	Run-1	Run-2	Run-3	Run-4	Run-5	Run-6
温度 (℃)	30	30	30	20	20	20
供給基質濃度 (ppm)	20	40	60	60	80	120
継続日数 (day)	52	19	20	16	14	21

は違いがあり、それは間隙内平均流速と分散係数が大きいものほどその傾きも大きいようである。

次に、硝化速度と温度の関係を図3に示す。20℃と30℃では大差はないが、10℃での硝化速度は小さい。これは、温度が低くなると硝化菌の活性が低下するためである。硝化速度と窒素負荷量 ($U \times C_s$, $D \times C_s$) の関係を図4に示す。硝化速度と窒素負荷量の関係は比例関係にある。

(20℃, 30℃) そこで硝化速度と窒素負荷量の関係式を求めることができれば、硝化速度は供給基質濃度と間隙内平均流速か分散係数を用いて求めることができる。今後の課題として、供給基質濃度、間隙内平均流速、分散係数をどの程度まで大きくしても比例関係としてみることもできるか、また、比例関係が崩れたとしても何らかの式に近似することができないかなどが挙げられる。

4. まとめ 本研究で得られた結果は次の通りである。1) 硝化速度の定常値は窒素の供給基質濃度と密接な関係があり、それは供給基質濃度の段階的な変化に対してステップ的に変化している。2) 硝化速度の定常値は窒素負荷量と比例関係にあり、窒素負荷量がわかれば硝化速度を求めることができる。3) 2) は20℃～30℃については成立するが、低温(10℃)では成立しない。

表3 実験条件

	NM20	NM40	NS20
使用した土	マサ土と畑土の混合土	マサ土と畑土の混合土	川砂と畑土の混合土
供給速度 (ml/hr)	200	200	200
U (cm/day)	75.8	68.4	75.8
D (cm ² /day)	181	164	100
温度 (°C)	10	10	10
供給基質濃度 (ppm)	20	40	20
継続日数 (day)	140	140	140

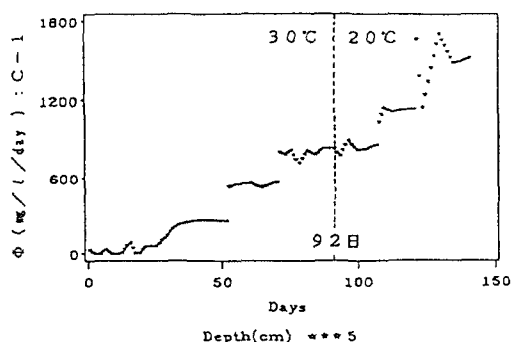


図1 硝化速度の時間的变化

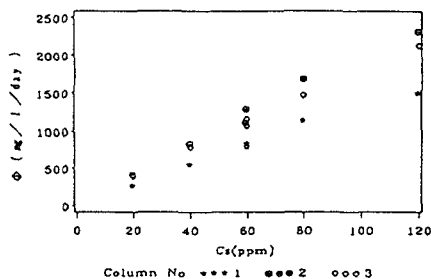


図2 硝化速度と供給基質濃度の関係

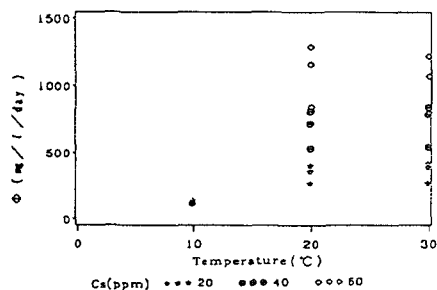


図3 硝化速度と温度の関係

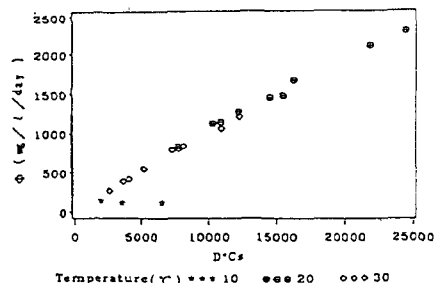
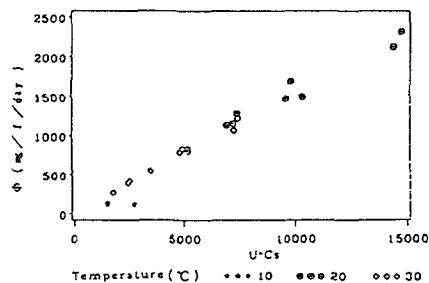


図4 硝化速度と窒素負荷量の関係