

土壤吸着NH₄-Nと溶存NH₄-Nの有機化, 脱窒, 吸収, 残存の動態

山室 成一 (九州農業試験場)

Sigekazu YAMAMURO: Fate of NH₄-N Dissolved and NH₄-N Adsorbed on Assimilation, Denitrification and Absorption by Rice Plants in Paddy Field

1. 無機化窒素の有機化, 脱窒, 水稲吸収等への移行量の求め方のモデル式

ある短期間T_j(これはt_{j0}, t_{j1}, ..., t_j, ..., t_{jn}時から成り立ち, 1週間以内である)に絶えず無機化溶存してきたNH₄-N(これらは順に $\frac{1}{n}a$, $\frac{1}{n}a + \frac{1}{n}b(\frac{1}{n})$, ..., $\frac{1}{n}a + \frac{1}{n}b(\frac{1}{n})$, ..., $\frac{1}{n}a + \frac{1}{n}b(\frac{1}{n})$)から成り立っている)及びt_{j0}時の現存NH₄-N, N_{j0}, からの有機化総量A_{jn}, 脱窒総量D_{jn}, 水稲吸収総量P_{jn}への移行総量G_{jn}のベクトル表示G_{jn}=(A_{jn}, D_{jn}, P_{jn})はt_j時に無機化してきたNH₄-Nのt_{jn}時における有機化割合a_{jn}, 脱窒割合d_{jn}, 吸収割合p_{jn}のベクトル表示b_{jn}=(a_{jn}, d_{jn}, p_{jn})とすると, G_{jn}=N_{j0}(b_{j0n})_{ad}+lim_{n→∞} $\frac{1}{n}$ {a_{j0n}+...+{a+b($\frac{1}{n}$)}b_{j0n}+...+{a+b($\frac{1}{n}$)}b_{j0n}}となる。ただし, (b_{j0n})_{ad}はt_{j0}時の土壤吸着NH₄-Nの有機化, 脱窒, 吸収の割合のベクトル表示である。

ここでG_{jnM}=lim_{n→∞} $\frac{1}{n}$ ∑_{i=0}ⁿ{a+b($\frac{i}{n}$)}b_{j0n}とおくと,

$$G_{jnM} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n \{a + b(\frac{i}{n})\} b_{j0n} + (b_{j, \text{ion}} - b_{j0n}) \{ \frac{1}{n} \} \cdot \\ (1 - e^{-k_0 + (k_1 - k_0)(\frac{i}{n})}) / (1 - e^{-k_0 + (k_1 - k_0)(\frac{1}{n})}) = \int_0^1 (a + bt) \{ b_{j0n} + (b_{j, \text{ion}} - b_{j0n}) t \} \{ (1 - e^{-k_0 + (k_1 - k_0)t}) / (1 - e^{-k_0 + (k_1 - k_0)(\frac{1}{n})}) \} dt \\ \doteq \int_0^1 (a + bt) \{ b_{j0n} + (b_{j, \text{ion}} - b_{j0n}) t \} \{ (1 - e^{-k(t)}) / (1 - e^{-k}) \} dt \\ = \frac{(1/k)}{1 - e^{-k}} \int_0^1 \left\{ (a + b) b_{j, \text{ion}} + (a + b) \left(\frac{b_{j, \text{ion}} - b_{j0n}}{k} \right) + \frac{b}{k} b_{j, \text{ion}} \right\} t + \frac{b(b_{j, \text{ion}} - b_{j0n}) t^2}{k^2} (1 - e^{-k}) dt = \frac{1}{1 - e^{-k}} R \\ \left\{ \left(\frac{a+b}{2} + \frac{b}{3} \right) + \frac{(a+b)(1 - e^{-k})}{\ln^2 R} - \frac{(a+2b)^2 R (1 - \ln^2 R) - 1}{(\ln^2 R)^2} \right\} b_{j, \text{ion}} + \left\{ \frac{a+b}{2} + \frac{b}{6} + \frac{(a+b)^2 R (1 - \ln^2 R) - 1}{(\ln^2 R)^2} - \frac{b \{ 2 - e^{-k} R (1 - \ln^2 R) - 2 \ln^2 R + 2 \}}{(\ln^2 R)^3} \right\} b_{j0n} \right\} \\ b_{j0n} \} \\ \text{である。ただし, } k_0 = \ln(15N_{j0}/15N_{jn}), k_1 = \ln(15N_{j+10}/15N_{jn})$$

/15N_{j+10}), 15N_{j0}, 15N_{jn}はt_{j0}, t_{jn}時のトレーサーNH₄-¹⁵N量である。そして, k=ln√((15N_{j0}/15N_{jn})(15N_{j+10}/15N_{j+10})/15N_{j0})である。また, M_{jn}={N_{jn}-(15N_{jn}/15N_{j0})N_{j0}}/ln(1/15R)とすると, b=(M_{j+10}-M_{j-10})/2, a=M_{jn}-b{1-(1-15R)}/ln(1/15R)}(1-15R)である。

2. 各期間T_jのt_{j0}時に吸着していたNH₄-Nの有機化, 脱窒, 吸収の動態(b_{j0n})_{ad}=(G_{jn}-G_{jnM})/N_{j0}となる。また, t_{j0}時に溶存してきた無機化窒素の有機化, 脱窒, 吸収の動態b_{j0n}=(a_{j0n}, d_{j0n}, p_{j0n})はt_{j0}時にトレーサーNH₄-¹⁵Nを溶存状態で加え, その動きをみることによりわかる。トレーサーNH₄-¹⁵Nの1週間後における有機化, 脱窒, 吸収及び残存の割合は第1表のとおりである。また, t_{j0}時に吸着していたNH₄-Nの1週間後における有機化, 脱窒, 吸収及び残存の割合も第1表のとおりである。これから明らかのように, 圃場無窒素区における吸着NH₄-Nと溶存NH₄-Nの有機化, 脱窒, 吸収, 残存の割合は各期間の水稲吸収割合が小さい分けつ初期までは有機化割合, 脱窒割合に両者相違がなかったが, 分けつ盛期になるとp_{j0n}>(p_{j0n})_{ad}, a_{j0n}<(a_{j0n})_{ad}, d_{j0n}<(d_{j0n})_{ad}であった。しかし, 吸収割合が最大になる幼穂形成期~出穂期(N_{j0}はこのころ少ない)には(p_{j0n})_{ad}はp_{j0n}に近づき, それにつれて, a_{j0n}≐(a_{j0n})_{ad}, d_{j0n}≐(d_{j0n})_{ad}になる。出穂期以後は水稲の養分吸収能力のおとろえと共に, p_{j0n}>(p_{j0n})_{ad}, a_{j0n}<(a_{j0n})_{ad}, d_{j0n}<(d_{j0n})_{ad}となった。残存割合は各期間とも両者にほとんど相違がなかった。これらの動きの相違は水稲が溶存NH₄-Nを利用しているためと考えられる。また, 吸着NH₄-Nの溶存への動きは水稲の養分吸収能力が大きいとき活発になるとみられる。

第1表 土壤吸着NH₄-Nと溶存NH₄-Nの有機化, 脱窒, 吸収, 残存の動態

(割合)

T _j	有機化		脱窒		吸収		残存	
	a _{j0n}	(a _{j0n}) _{ad}	d _{j0n}	(d _{j0n}) _{ad}	p _{j0n}	(p _{j0n}) _{ad}	r _{j0n}	(r _{j0n}) _{ad}
6/20~6/27	0.449	0.410	0.210	0.241	0.014	0.026	0.327	0.323
6/27~7/4	0.378	0.417	0.298	0.266	0.075	0.073	0.249	0.245
7/4~7/11	0.456	0.451	0.197	0.275	0.143	0.086	0.204	0.188
7/11~7/18	0.307	0.354	0.318	0.428	0.252	0.093	0.123	0.125
7/18~7/25	0.200	0.289	0.433	0.537	0.367	0.089	0.047	0.085
7/25~8/1	0.161	0.320	0.372	0.505	0.451	0.162	0.016	0.014
8/1~8/8	0.260	0.300	0.243	0.355	0.484	0.359	0.013	0.006
8/8~8/15	0.283	0.279	0.216	0.204	0.491	0.506	0.010	0.010
8/15~8/22	0.277	0.286	0.184	0.208	0.513	0.472	0.026	0.034
8/22~8/29	0.267	0.292	0.210	0.211	0.475	0.438	0.053	0.059
8/29~9/5	0.329	0.448	0.133	0.279	0.458	0.190	0.080	0.083
9/5~9/12	0.376	0.698	0.082	0.113	0.435	0.076	0.105	0.113
9/12~9/19	0.394	0.770	0.028	0.034	0.427	0.038	0.151	0.158
9/19~9/26	0.400	0.710	0.028	0.046	0.353	0.020	0.219	0.224