

土中の有機物の無機化・硝化と ATP 量

515310 岡田華保 (土壌システム学教育研究分野)

1. はじめに

地力や肥沃度保全の観点から、農地への有機物の施肥が見直されている。土中にある有機態窒素は、土壌微生物によりアンモニア態窒素 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、硝酸態窒素 $\text{NO}_3\text{-N}$ へと態を変える(無機化、硝化)。また、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の一部は再び微生物に取り込まれる(有機化)。無機化と有機化のどちらが優勢になるかは有機物の炭素と窒素の比 C/N による。生成された $\text{NO}_3\text{-N}$ は植物の生長に必須であるが過剰にあると環境汚染の原因となる。このため、有機物施肥後の土中の窒素動態の予測が必要である。土中の窒素の無機化と硝化は、それぞれ一次分解反応式(1)で概ね表現できる(木村、2017)。

$$\frac{dC_A}{dt} = -kC_A \quad , \quad \frac{dC_B}{dt} = kC_A \quad (1)$$

ここで C_A と C_B は反応物と生成物の濃度である。また k は一次分解反応定数であり、無機化や硝化の速度を表すパラメータである。 k の決定は窒素動態の予測に不可欠であるが生成物や反応物の濃度から決めるのは容易ではない。

ところで、土壌微生物量の尺度として比較的容易に測定可能な指標に ATP 量がある。無機化や硝化が盛んであれば、土中の ATP 量も高くなると考えられる。そこで硝化の一次分解反応定数 k_{nit} を ATP 量から推定する試みが報告されている(武藤、2017)。しかし、 k_{nit} と ATP 量の関係については未だ検討が不十分であり、有機態窒素の無機化量や無機化の一次分解反応定数 k_{min} と ATP 量の関係もわかっていない。

そこで本研究では、異なる有機物を施肥した土中の窒素の無機化および硝化過程の ATP 量を測定し $\text{NH}_4\text{-N}$ 増減量、増減速度、 k_{min} や k_{nit} との関係进行を明らかにした。

2. 試料と方法

岩手大学学内圃場の休耕畑において黒ぼく

土を採取し 2 mm で篩別した。表 1 に示す有機物を有機態炭素量が 400 mg/100 g-drysoil となるよう添加し、試料とした。試料を 50 mL 容のステンレス円筒に乾燥密度が約 1.0 g/cm³、体積含水率が約 0.40 cm³/cm³ となるように詰め、25 °C の暗所に保温静置した。数日毎に試料の $\text{NH}_4\text{-N}$ を 10 %KCl 溶液で、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を純水で抽出し、それぞれの濃度を吸光光度計で測定した。この際試料の含水率、pH、EC とともに、ホタルルシフェラーゼ発光法により ATP 量を測定した。

3. 結果と考察

図 1 にクローバー添加試料(A2)の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度変化を示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は 2 日目から 15 日目にかけて 7.0 mg/100 g-drysoil 増加した。有機態窒素が分解され無機化したとみなせる。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は $\text{NH}_4\text{-N}$ が減少し始めた 15 日目から 50 日目まで増加した。硝化が、無機化が落ちついたあとに生じたと考えられる。油粕添加試料についても同様に $\text{NH}_4\text{-N}$ が増加したが、その増加量は 20.1 mg/100 g-drysoil とクローバー添加試料よりも多かった。クローバーの根のみを添加した試料については $\text{NH}_4\text{-N}$ は増加し減少したが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は増加せず硝化しなかったとみなせる。米ぬかと稲わら添加試料については $\text{NH}_4\text{-N}$ 増減量が小さく、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は増加しなかった。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 増加量は米ぬかを除き C/N が低いほど多くなった。 C/N の一番高い稲わら添加試料は、無機化よりも有機化が優勢だったと考えられる。

表 1 各有機物の C/N と有機態 N 添加量

記号	有機物	C/N	有機態 N 添加量 (mg/100 g-drysoil)
A1 A2	クローバー*	16	21~26
B	クローバー(根)*	23	16
C	油粕	7	54
D	米ぬか	18	22
E	稲わら*	35	11

* 2 mm に粉砕

クローバーと米ぬかは、C/N がほぼ等しいにも関わらず NH₄-N 増加量が大きく異なった。NH₄-N 増加量は有機物の C/N だけではなく、C と N の成分にもよると考えられる。

ここで NH₄-N の増加と減少をそれぞれ無機化と硝化によるとし、式 (1) に適合することで k_{min} と k_{nit} を求めた。クローバー添加試料 (A2) の k_{min} は 0.24/day となったが、 k_{nit} は 0.03 - 0.08/day の間でばらついた (図 1)。他の試料についても k_{min} は決められたが、 k_{nit} は同様にばらついた。

図 2 に各試料の ATP 量を示す。クローバー添加試料 (A1) については 7 日目まで増加、その後減少し、14 日目以降は一定となった。他の試料についても ATP 量は増加と減少、一定の 2 期間に分けられた。それぞれ微生物の増殖と有機態窒素の無機化、硝化に対応していると考えられる。そこで無機化と硝化過程それぞれの ATP 量の平均値 (ATP_{min} と ATP_{nit}) を求め、NH₄-N の増減速度、 k_{min} と k_{nit} の関係と比較した。NH₄-N 増減速度は式 (2) で定義した。

$$\text{NH}_4\text{-N 増減速度} = \frac{\left(\frac{\text{NH}_4\text{-N}}{\text{有機態窒素}} \right) \text{の変化量}}{\text{時間}} \quad (2)$$

図 3 に ATP_{min} と NH₄-N 増加速度の関係を示す。米ぬか (D) と稲わら添加試料 (E) を除き、ATP_{min} が大きいほど NH₄-N 増加速度が速かった。米ぬかと稲わら添加試料は、ATP_{min} は大きいものの、NH₄-N 増加速度が遅かった。ATP_{min} が NH₄-N 増加速度に比例するのは、微生物が増殖するほど NH₄-N を多く放出するためだと考えられる。また、米ぬかや稲わら添加試料については微生物が増殖し ATP 量が多くなったものの、有機化のため NH₄-N が放出されなかったと考えられる。

図 4 に、ATP_{min} と k_{min} の関係を示す。無機化過程については米ぬか (D) と稲わら (E) 添加試料を除き ATP_{min} が大きいほど k_{min} も大きくなった。比例関係であることから ATP_{min} より k_{min} を推定できる可能性があるといえる。硝化過程については k_{nit} のばらつきも大きく、ATP_{nit} と k_{nit} に明確な相関はみられなかった (図 5)。

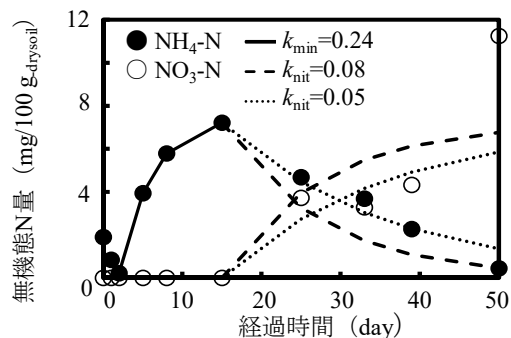


図1 無機態Nの経時変化 (A2)

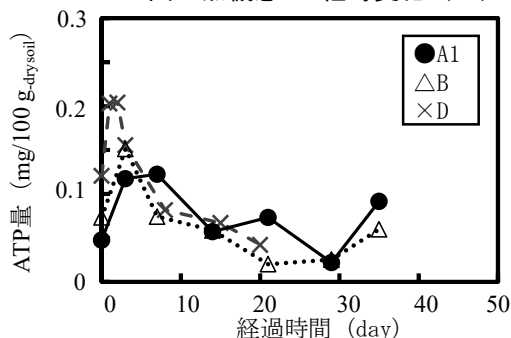


図2 ATP量の経時変化

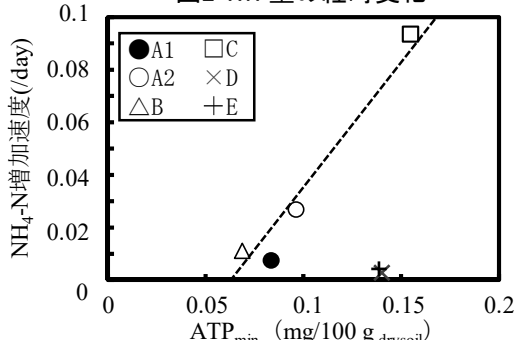


図3 ATP_{min} と NH₄-N の増加速度

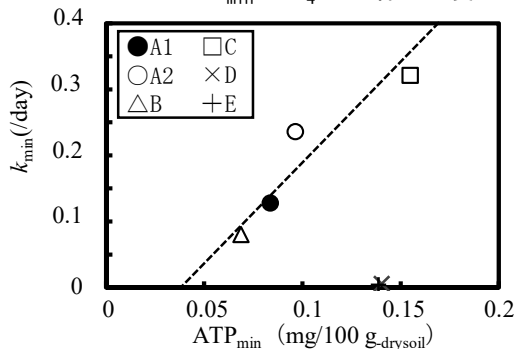


図4 ATP_{min} と k_{min} の関係

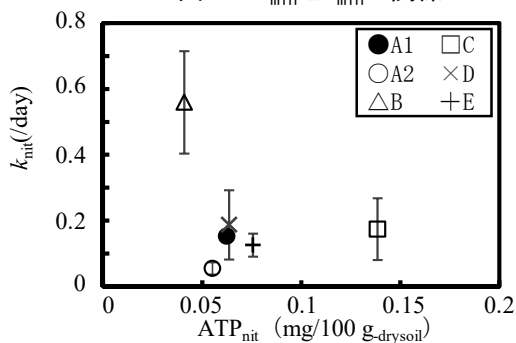


図5 ATP_{nit} と k_{nit} の関係