

土壤微生物バイオマス由来の
可溶性C・N量におよぼす鉄および
アルミニウム水酸化物の影響*

関 鋼**・丸本卓哉**・西山雅也**

キーワード 火山灰土壌, バイオマスC量, バイオマスN量, 鉄水酸化物, アルミニウム水酸化物

1. はじめに

火山灰土壌には非火山灰土壌より多量の遊離態鉄, 遊離態アルミニウムが存在している¹⁾。既往の研究において, 土壌中の遊離態の鉄とアルミニウムは大部分が水酸化鉄および水酸化アルミニウムの形態で存在していること²⁾ (加藤らによると, $\text{Al}(\text{OH})_3$ など一定の組成式で示すことはできないが, ここでは便宜的に水酸化アルミニウムと記す), 両者とも有機物に対する吸着性があることが示されている³⁾。これらのことから, 遊離態の鉄およびアルミニウムの存在が, 火山灰土壌における腐植の集積, および高いC/N比の一因と考えられている⁴⁾。

筆者らは前報⁵⁾においてバイオマスと土壌理化学性の相関関係を調べ, バイオマスと基質関連因子(有機態C量, 全腐植量, 腐植酸量およびフルボ酸量など)の間に正の相関関係があるものの, この関係が火山灰土壌と非火山灰土壌で異なること, 火山灰土壌の遊離酸化アルミニウム量が微生物バイオマスC量と相関を示すことを見出した。また, 坂本ら⁶⁾は陸稲が吸収するNに対する微生物バイオマスNの寄与を調べた結果, 生育初期(3~6週)には黒ボク土では他の土壌と比較して微生物バイオマスNの寄与が小さいと報告している。これらの結果

は, バイオマスの量ならびにバイオマス養分の代謝回転の主要な制御因子が, 火山灰土壌と非火山灰土壌で異なる可能性を示唆している。

本実験では, 遊離態の鉄およびアルミニウムによる可溶性C・Nの吸着力を比較し, バイオマス養分の代謝回転におよぼす影響を考察するために, 土壌有機物量とバイオマスC・N量の異なる火山灰土壌2種類と非火山灰土壌2種類にゲル状の水酸化鉄, 水酸化アルミニウムを鉄・アルミニウムのモデル形態として添加する実験を行った。

2. 実験方法

1) 供試土壌

本実験には, 火山灰土壌として大栄土壌(鳥取県大栄町)および熊本土壌(熊本県農業試験場), 非火山灰土壌として山大土壌(山口大学附属農場)および農試土壌(山口県農業試験場)を用いた。各土壌は肥料施用前に表層約20 cmまでを採取後, 2 mmのふるいを通したものを土壌分析ならびに微生物バイオマスC・Nの測定に用いた。土壌の理化学性は風乾した土壌を用いて測定した(第1表)。土壌のバイオマスC・N量の測定は, 土壌水分を最大容水量の60%に調節し, 25°Cで10日間前培養した試料を用いた。

2) 水酸化鉄, 水酸化アルミニウムの調製と添加および可溶性C・N量の測定

一定量の塩化鉄と塩化アルミニウムを水に溶解し, 希水酸化ナトリウムでpH7に調節した。これらから透析膜を用いて Cl^- イオンを除去することにより, 水酸化鉄, 水酸化アルミニウムを調製した。この水酸化鉄と水酸化アルミニウムを, 酸化鉄と酸化アルミニウムとして乾土当たり1%, 2%, 3%となるように土壌に添加し混合した。混合直後に, クロロホルム燻蒸(24時間)抽出法^{7,8)}により0.5 M硫酸カリウム可溶性C・N量を測定し, バイオマスC, N量を算出した。なお, 非燻蒸試料は, 水酸化鉄, 水酸化アルミニウム添加24時間後に, 0.5 M硫酸カリウム抽出を行った。

3) 土壌理化学性の測定法

(1) 土壌pH: ガラス電極法⁹⁾により測定した。

(2) 有機態C量: チューリン法⁹⁾により測定した。

(3) 全N量: サリチル酸-硫酸分解法⁹⁾により測定した。

(4) 遊離酸化鉄と酸化アルミニウム: Dithionate-Citrate-Bicarbonate法¹⁰⁾に従って抽出し, 有機物の分解は過塩素酸分解法⁹⁾で, 鉄およびアルミニウムの定量はフェロン法¹¹⁾によった。

(5) 粒径組成: 土壌を過酸化水素で分解後, 火山灰

Guan Gang, Takuya Marumoto and Masaya Nishiyama : Influence of Iron and Aluminum Oxides in Volcanic Ash Soils on Microbial Biomass (1) Influence of Iron and Aluminum Hydroxides on the Amount of Soluble Carbon and Nitrogen from Soils Microbial Biomass

* 微生物バイオマスにおよぼす火山灰土壌中の鉄およびアルミニウム酸化物の影響 (第1報)

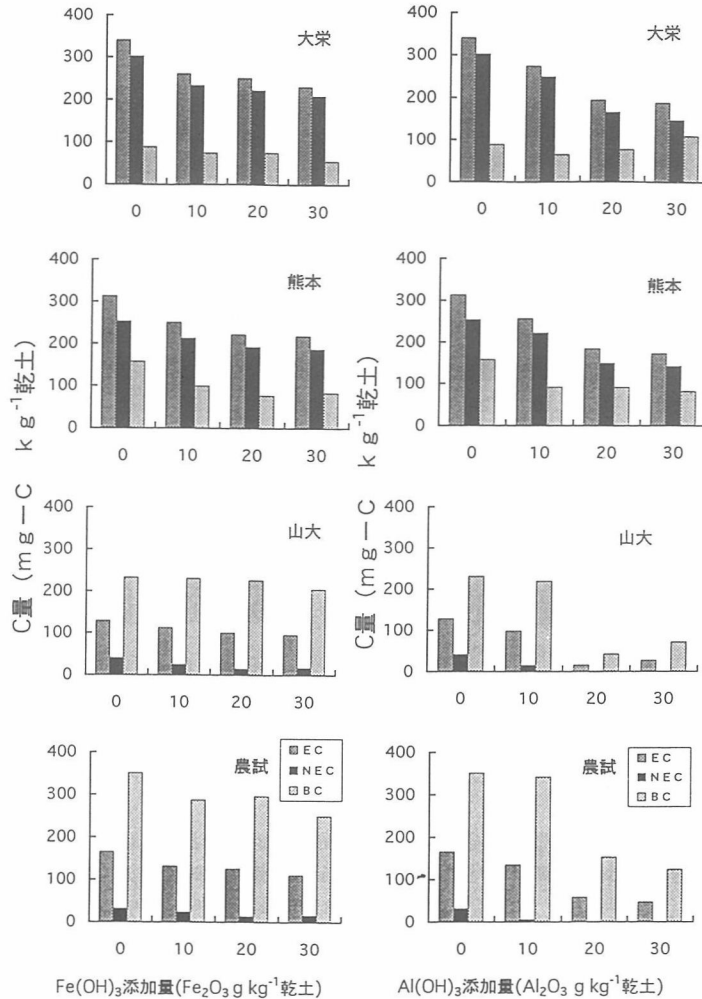
** 山口大学農学部 (753-8515 山口市大字吉田 1677-1)

1997年11月17日 受付・受理

日本土壌肥科学雑誌 第69巻 第4号 p. 398~402(1998)

第1表 供試土壤の理化学性と微生物バイオマス量

土壤試料	土壤pH (H ₂ O)	有機態C量 (g kg ⁻¹)	全N量 (g kg ⁻¹)	Fe ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)	粒径組成 (%)			土性	バイオマスC量 (mg kg ⁻¹)	バイオマスN量 (mg kg ⁻¹)
						砂	シルト	粘土			
大栄	4.49	104	6.8	20.1	28.7	29.9	52.3	17.8	SiL	88.5	13.1
熊本	5.03	76.1	6.5	34.3	23.8	27.0	63.3	9.7	SiL	157.3	20.4
山大	5.75	18.3	1.8	9.1	1.6	55.8	27.4	16.9	CL	231.3	36.6
農試	7.60	14.9	1.1	2.6	1.8	61.4	23.9	14.7	LiC	350.6	46.6

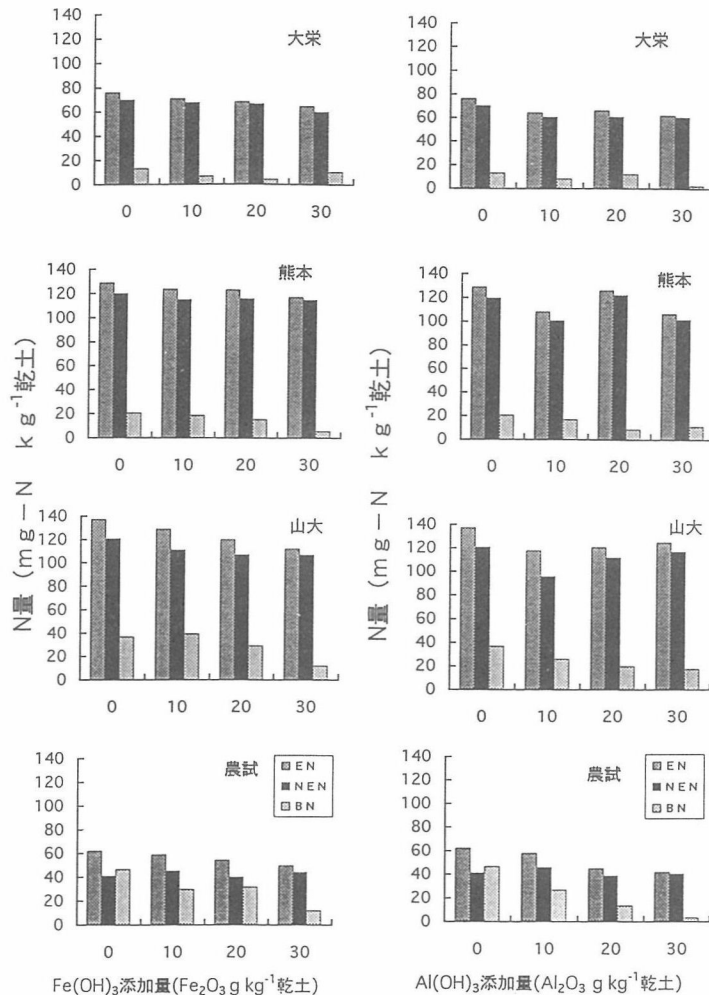


第1図 Fe(OH)₃, Al(OH)₃を添加した土壤の可溶性C量および算出されたバイオマスC量
EC：燻蒸試料可溶性C，NEC：非燻蒸試料可溶性C，BC：バイオマスC量。

土壤に対してはpH 4.0，非火山灰土壤に対してはpH 10.0に調整し，ビベット法⁹⁾により測定した。

3. 結果と考察

- 1) 可溶性C量およびバイオマスC量に対する水酸化鉄，水酸化アルミニウム添加の影響
水酸化鉄，水酸化アルミニウムを添加した土壤の，燻



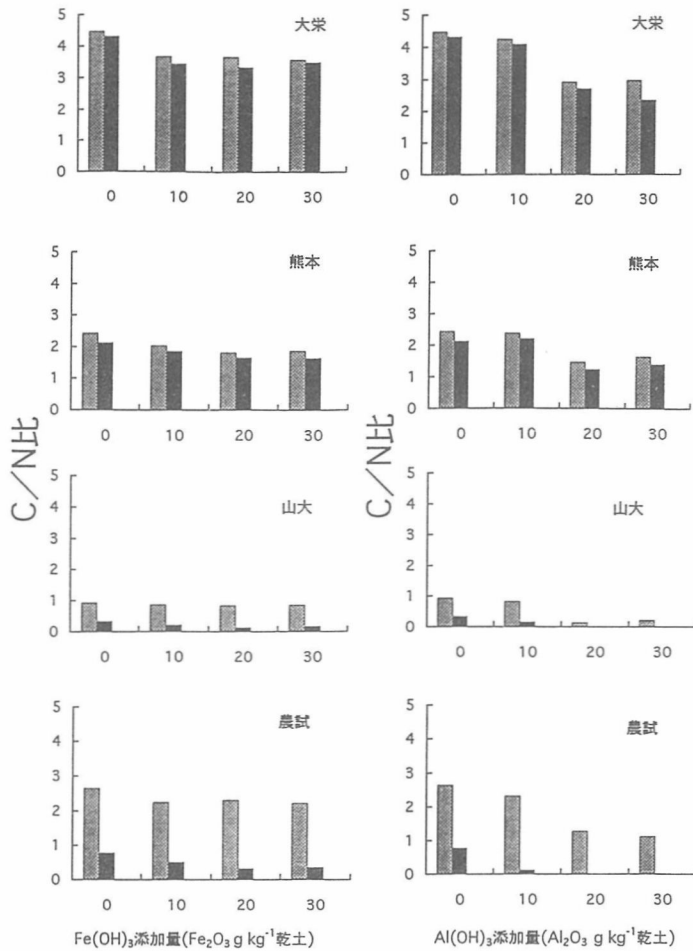
第2図 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ を添加した土壌の可溶性N量および算出されたバイオマスN量
 EN: 燻蒸試料可溶性N, NEN: 非燻蒸試料可溶性N, BN: バイオマスN量。

蒸および非燻蒸処理時の0.5M硫酸カリウム可溶性C量(以下、可溶性C量と記す)および算出したバイオマスC量を第1図に示した。いずれの土壌でも、燻蒸試料、非燻蒸試料ともに、水酸化アルミニウム添加量の増加により可溶性C量が減少した。可溶性C量の減少傾向は水酸化鉄添加の場合も認められたが、その減少量はいずれの土壌でも水酸化アルミニウムに比べると小さいものであった。

これらの結果から、水酸化鉄と水酸化アルミニウムは土壌中の可溶性Cに対する吸着性があること、この吸着性は水酸化鉄より水酸化アルミニウムの方が高いことが示された。また、燻蒸試料中の可溶性C量の減少は火山

灰土壌2種類と非火山灰土壌2種類ではほぼ同じであるが、非燻蒸試料では火山灰土壌中の可溶性C量の減少は、非火山灰土壌より大きかった。

算出されたバイオマスC量の水酸化アルミニウム添加による減少は、非火山灰土壌2試料で大きく、これに火山灰土壌の熊本土壌が続いた。大栄土壌では、減少は認められなかった。計算上のバイオマスC量が特に激しく減少した非火山灰土壌では、水酸化アルミニウム添加により非燻蒸試料の可溶性C量がほぼゼロに低下している。従って、これらの試料では、吸着能を有する残余の水酸化アルミニウムが存在すると思われる。この結果、燻蒸試料の可溶性C抽出量の減少が非燻蒸試料の減



第3図 Fe(OH)₃, Al(OH)₃を添加した土壤からの0.5M K₂SO₄抽出物のC/N比
□：燻蒸試料抽出物，■：非燻蒸試料抽出物。

少を上まわり，計算上のバイオマスC量が減少したと考えられる。このことは，バイオマスの死滅によって新たに生じる可溶性Cが水酸化アルミニウムにより抽出不可能な形態となることを示している。すなわち，吸着能を有する鉄とアルミニウムが生成する土壤（あるいは土壤中のある部位）では，本来ならば代謝回転が速い微生物由来のC¹²⁾が抽出不可能な形態となり代謝されずに土壤中で集積し，バイオマス再形成が抑えられる可能性を示している。このことが，有機態C量-バイオマス間の関係が火山灰土壤と非火山灰土壤で異なる⁵⁾原因の一つであることも考えられる。

なお，水酸化鉄添加の場合，各土壤とも，非燻蒸試料の可溶性C量は正の値にあり，算出されるバイオマスC

量の減少は水酸化アルミニウムの場合ほどには認められなかった。

2) 可溶性N量およびバイオマスN量に対する水酸化鉄，水酸化アルミニウム添加の影響

水酸化鉄，水酸化アルミニウムを添加した土壤の燻蒸および非燻蒸処理時の0.5M硫酸カリウム可溶性N量（以下，可溶性N量）および算出したバイオマスN量を第2図に示した。また，0.5M硫酸カリウム抽出物のC/N比を第3図に示した。いずれの土壤でも概ね，水酸化鉄，水酸化アルミニウム添加による可溶性N量の減少は可溶性Cの場合と比較すると小さく，0.5M硫酸カリウム抽出物のC/N比は水酸化鉄，水酸化アルミニウム添加により低下する傾向にあった。これらの結果が

ら、水酸化鉄、水酸化アルミニウムの可溶性Nに対する吸着性はCと比べて低いと考えられる。

一般に、土壌のC/N比は火山灰土壌の方が非火山灰土壌より高い⁵⁾。また、火山灰土壌では、母材の風化過程で水酸化アルミニウムが生成すると言われている。本研究の結果から、火山灰土壌においてC/N比が上昇する一因として以下の可能性が考えられる。すなわち、死滅バイオマスからはC/N比の異なる様々な物質が生成すると考えられるが、火山灰土壌では、生成する水酸化アルミニウムによる吸着の影響により、バイオマス由来の物質のうちC/N比のより高い物質がC/N比の低い物質よりも無機化を受けにくくなる。その結果、土壌のC/N比が上昇する可能性が考えられる。

4. まとめ

土壌微生物バイオマス由来の可溶性C・Nにおよぼす遊離態の鉄およびアルミニウムの影響を明らかにするために、土壌に水酸化鉄および水酸化アルミニウムを添加し、クロロホルム燻蒸後の試料および非燻蒸試料について0.5M硫酸カリウム可溶性C・N量を調べた。その結果、水酸化鉄、水酸化アルミニウムいずれも可溶性Cに対する吸着性が認められたが、単位重量あたりの吸着量は水酸化鉄より水酸化アルミニウムの方が多かった。一方、可溶性Nに対する水酸化鉄、水酸化アルミニウムの吸着性は可溶性Cと比べると小さかった。非燻蒸試料の可溶性C量が添加水酸化アルミニウム量に対して少ない土壌では、燻蒸処理により生じた死菌体由来の可溶性C量は減少した。この結果から、吸着能を有する遊離態鉄、遊離態アルミニウムを多量に含む火山灰土壌では、バイオマス由来のCが不溶態となり、代謝回転が遅れる可能性が考えられた。

謝 辞 本研究をすすめるにあたり土壌採取と送付にご協力いただいた熊本、山口の農業試験場および鳥取大学の関係各位に対し厚く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 高井康雄：火山灰土—生成・性質・分類—, p. 13, 博友社, 東京 (1983)
- 2) 加藤秀正・白井昌洋・松川 進：酸性土壌の土壌溶液のアルミニウムの形態と濃度, 土肥誌, **66**, 39~47 (1995)
- 3) 東 順三・高橋竹彦・佐伯秀章：土壌粒団の安定性に関する土壌化学的研究 (第3報) ハロイサイト系人工土壌の粒団生成におよぼす腐植, アルミニウム, 鉄および土壌改良剤の単用効果, 同上, **42**, 323~328 (1971)
- 4) 弘法健三・大羽 裕：火山灰土壌の腐植の集積要因および腐植が土壌の諸性質におよぼす影響—本邦火山灰土壌の生成論的研究—(第8報), 同上, **45**, 293~297 (1974)
- 5) 関 鋼・丸本卓哉・進藤晴夫・西山雅也：土壌中の微生物バイオマス量と理化学性の関係—火山灰土壌と非火山灰土壌の比較—, 同上, **68**, 614~621 (1997)
- 6) 坂本一憲・関 鋼・吉田富男：各種畑土壌における作物吸収窒素に対する微生物バイオマスを經由した窒素の寄与, 同上, **68**, 6~25 (1997)
- 7) Vance, E. D., Brookes, C. P. and Jenkinson, D. S.: An extraction for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.*, **19**, 703~707 (1987)
- 8) 土壌微生物研究会編：新編 土壌微生物実験法, p. 173~184, 養賢堂, 東京 (1992)
- 9) 土壌標準分析・測定法委員会：土壌標準分析・測定法, 博友社, 東京 (1990)
- 10) Davenport, W. H., Jr.: Determination of aluminum in presence of iron. *Anal. Chem.*, **21**, 710~717 (1949)
- 11) Kumada, K., Sato, O., Ohsumi, Y. and Ohta, S.: Humus composition of mountain soils in central Japan with special reference to the distribution of P type humic acid. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **13**, 151~158 (1967)
- 12) Paul, E. A. and Clark, F. E.: *Soil Microbiology and Biochemistry* (2nd ed.), Academic Press, San Diego, USA (1996)