

酸性土壌への炭酸カルシウムの施用と土壌 CO₂ 発生 CO₂ emission from acid soils under calcium carbonate application as amendment

○宮崎 毅¹, 平井健太², 井本博美³, 西村 拓³

Miyazaki Tsuyoshi, Hirai Kenta, Imoto Hiromi and Nishimura Taku

はじめに 酸性土壌は世界に約 4 億 ha 分布する(田中 1989). 酸性土壌で営農するためには石灰等の酸性改良剤を施用する必要があるが, このとき, 石灰と酸の反応によって CO₂ が発生する. West&McBride(2005)は, 北米で 2001 年に酸性改良目的で消費された石灰の約 22%(4.4~6.6 百万 t-CO₂)が CO₂として大気に放出されたと推算している. 酸性土壌が多いブラジルでは, 1990 年代前半に, 年間 CO₂放出量の約 1%が酸性改良に由来であったという試算もある(Cerri et al. 2009). 食料増産と大気中の CO₂濃度抑制を両立させるためには, 酸性改良に伴う CO₂の放出を適切に把握する必要がある.

石灰の施用は, 土壌微生物呼吸にも影響する. 土壌微生物呼吸は, (1)土中の栄養分(水溶性有機炭素量:DOC で代表することが多い), (2)微生物の量(土壌微生物バイオマス炭素量: SMBC で評価することが多い), (3)微生物群集の構成(バクテリア, 糸状菌), (4)土壌水分量などに左右されるが, 石灰の施用は, 特に pH の上昇を介して(1)から(3)までの要因に影響する. そこで, 本研究では, 酸性の火山灰土および赤黄色土を供試土に, 石灰のモデル物質として炭酸 Ca を施用した上で, 上記(1)と(2)の要因に着目し, 石灰施用が土壌炭素動態に与える影響について検討することを目的とした.

実験方法 供試土:森林黒ボク土(東京都西東京市, 土性:CL)と赤黄色土(静岡県島田市, 土性:HC)を使用した. 供試土の基本的な性質を Table 1 に示す.

Table 1 供試土の性質

培養実験:容積約 500 ml の培養びんに所定の水分量の試料を乾土重 10 g 相当入れ, 密閉し, 60 日間の培養実験を行った. 培養開始直前には, 炭酸 Ca を後述の量, 施用した. ガス採取は培養開始 1,2,3,5,7,14,21,35,42,49,60 日後に行い, ガス採

	クロボク土	赤黄色土
現場乾燥密度(g cm ⁻³)	0.60	1.00
全炭素量 (%)	11.1	2.4
全窒素量(%)	0.75	0.28
土壌 pH(H ₂ O)	4.0	4.1

取日に培養びん内の空気を入れ替えた. 培養びん内の CO₂濃度は GC 質量分析計(GCMS-2010Plus, 島津)で測定し, CO₂濃度変化量から CO₂放出速度を算出した. DOCは TOC 計(TOC-V CPH 島津), SMBC はクロロホルム燻蒸抽出後, TOC 計で測定した. 培養は 25 °C の恒温室で行い, 培養の土壌水分条件は最大容水量の 40%, 50%, 60%とした(以下, WHC40%, 50%, 60%). WHC40%, 50%, 60%に対応する含水比は, 黒ボク土では 47%, 58%, 70%, 赤黄色土では 25%, 31%, 37%である. 目標 pH を 6.5 として炭酸 Ca 添加通気法で施用する炭酸 Ca 量を決めた. 赤黄色土では 0.006 kg kg⁻¹である. 黒ボク土は 0.01 kg kg⁻¹以上の炭酸 Ca を加えても目標 pH に達しなかったが, 標準の石灰施用量を考慮し, 0.01 kg kg⁻¹とした. 炭酸 Ca 由来の C と土壌有機物由来の C を区別するために, 安定同位体である ¹³C からなる Ca¹³CO₃(¹³C 99%)を使用し, ヘッドスペースの気相中の ¹³CO₂を炭酸 Ca 由来, ¹²CO₂を土壌有機物由来と定義した.

結果と考察 酸性土壌には, 炭酸塩がほとんど含まれず, 炭酸 Ca 由来の ¹³CO₂放出量は, 炭酸 Ca 無施用時, ほぼゼロとなった(非掲載). Fig.1 に黒ボク土(andisol)と赤黄色土(ultisol)の土壌有機物由来の積算 ¹²CO₂放出量を示す. 土壌有機物由来の CO₂放出は, 炭酸 Ca の施用によって増大し, その量は, 全炭素量が大きい黒ボク土で大きくなった. これは主として, 土壌微生物呼吸によるものと考えられる.

Fig.2, 3 に培養実験中の土壌有機物由来 ¹²CO₂の放出速度と土壌微生物バイオマス量(SMBC), 水溶

1: 東京大学名誉教授 (Professor Emeritus, University of Tokyo)

2: 鹿島建設 (Kajima Co.)

3: 東京大学大学院農学生命科学研究科 (Graduate School of Agr. and Life Sciences, Univ. of Tokyo)

キーワード: 酸性土壌, 二酸化炭素, 土壌改良

性有機炭素量(DOC)を示す。全炭素量が大きい黒ボク土で $^{12}\text{CO}_2$ 放出速度, SMBC, DOC いずれも赤黄色土よりも大きな値を示した。DOC は, 培養期間を通して, いずれの土でも炭酸 Ca 施用によって値が大きくなった。また, 黒ボク土の WHC60%を除いて, 培養開始後 4 日を過ぎると SMBC, DOC 共大きな変動はなかった。

培養開始直後 4 日間に着目すると, いずれの土も炭酸 Ca の施用・無施用の間で SMBC に明確な差が生じなかったが, $^{12}\text{CO}_2$ 放出速度は炭酸 Ca 施用によって有意に増大した。また, SMBC が最小値を示した後, 増加を示した間に $^{12}\text{CO}_2$ 放出速度は一様に減少した。黒ボク土では, $^{12}\text{CO}_2$ 放出速度が最大を示す時に, SMBC が極小値に向けて減少途中である一方, DOC は増加途中にあった。しかし, 赤黄色土では, $^{12}\text{CO}_2$ 放出速度の最大は, DOC の極大と一致し, DOC が減少を始めると, $^{12}\text{CO}_2$ 放出速度も低下した。

以上の結果から, まず, 微生物量(SMBC)で単純に土壤微生物呼吸による $^{12}\text{CO}_2$ 放出を説明できないことがわかる。全炭素量の少ない赤黄色土では, 栄養分(DOC)が土壤微生物呼吸による有機物由来の $^{12}\text{CO}_2$ 放出速度を規定していたと思われる。黒ボク土では, 培養 2 日目で DOC が増え続けても $^{12}\text{CO}_2$ 放出速度が低下することから SMBC でも DOC でもうまく $^{12}\text{CO}_2$ 放出速度の変化を説明できない。これは, たとえば, 低 pH を好む糸状菌から高 pH 耐性の細菌へといった微生物相の変化といった微生物の質も考慮すべきであることを示唆している。

まとめ 酸性改良目的の炭酸 Ca 施用に伴う土壌からの CO_2 発生の増減は, 施用した炭酸 Ca に由来するものだけではなく, 施用後の土壤微生物呼吸が関わる土壌有機物由来の CO_2 発生の増減にも影響を受ける。炭酸 Ca 施用後の土壤微生物呼吸による CO_2 放出の変化は, 土中の栄養分や微生物量だけでは説明できず, 微生物群集の変化等も考慮して考えるべきものだと思われる。

参考文献: 田中明(1989), 酸性土壌とその農業利用, 博友社, West&McBride(2005), Agri. Ecosys. & Environ. 108:145-154, Cerri et al. (2009) doi: 10.1590/S0103-90162009000600017

謝辞: 供試土の採取にあたり, NARO 野菜茶業研究所金谷拠点廣野祐平氏, 東京大学大学院農学生命科学研究科附属田無演習林にお世話になりました。ここに記して感謝します。

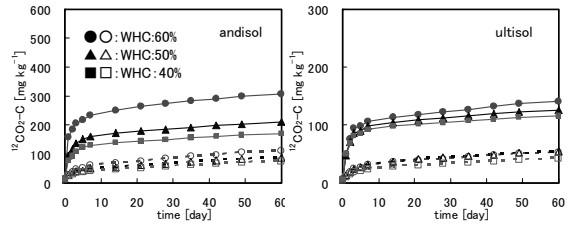


Fig.1 CO_2 from soil organic matter (Close and open marks represent limed and unlimed condition, respectively).

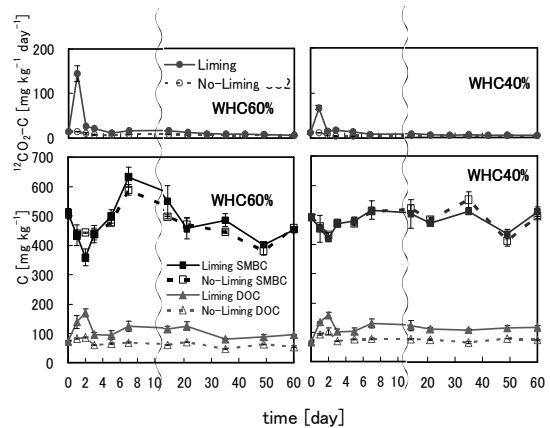


Fig.2 CO_2 flux, SMBC and DOC of limed and unlimed Nishi-Tokyo andisol.

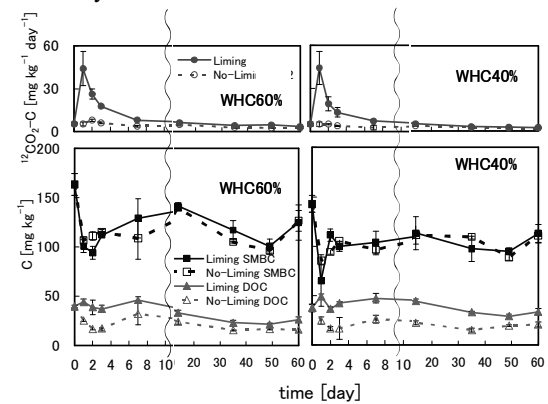


Fig.3 CO_2 flux, SMBC and DOC of limed and unlimed Shizuoka ultisol.