

土壌中における二酸化炭素の動態に及ぼす pH とカチオン種の影響 The Influence of Soil pH and Cationic Species on CO₂ Dynamics in Soil

○小林大介* 石黒宗秀** 長谷川周一** 永田修***

Kobayashi Daisuke* Ishiguro Munehide** Shuichi Hasegawa** Osamu Nagata***

1. はじめに

土壌は陸域において最も多くの炭素を貯留している一方、大きな CO₂ 放出源でもあるため、土壌呼吸量 (=CO₂ 放出量) の評価は地球全体の炭素収支を考える上で重要である。土壌生態系内の炭素収支を背景にした研究の多くは、土壌-大気間の炭素フローである地表面 CO₂ 放出量に着目しているが、その前段階となる土壌中の CO₂ 生成や大気への放出過程について、十分な知見が得られていない。極めて高い土壌水分状態以外では土壌溶液中の溶存有機炭素 (DOC) 量と土壌呼吸量の高い相関のあることが報告されている(瀬戸 1980)。また、腐植物質は Na 溶液系において、pH が高くなると溶解性が高くなることが指摘されている(Farook ら 2012)。つまり pH が高いと溶存腐植物質を含む DOC 濃度が高くなり、地表面 CO₂ 放出量や土壌中の CO₂ 生成量に影響することが考えられる。

本研究では、地表面 CO₂ 放出量、土壌中の CO₂ 濃度と DOC 量を、異なる pH およびカチオン種 (Na, Ca) 条件の裸地圃場で測定し、pH およびカチオン種が土壌中の二酸化炭素の動態に及ぼす影響を評価することを目的とする。

2. 方法

調査圃場には、北海道札幌市に位置する北海道農業研究センターの月寒圃場を使用した (43° 01' N, 141° 41' E)。元々草地である圃場は、2013 年の 7 月上旬に除草剤を散布した後、10cm ほどロータリーで耕起、ローラーで転圧を行い、測定期間中は手除草を行い裸地状態を保った。土壌は火山灰土に分類され、Ap (0-10cm)、A (10-27cm) および C (27cm 以深) 層に分けられた。対象圃場は、消石灰を施用した Ca(OH)₂ 区、NaOH を施用した NaOH 区と何も施用しない対象区の 3 つの異なる条件に分け、7 月下旬に施用を行った。消石灰と NaOH の投入量は、Ap 層における元の土壌 pH 5.7 から pH 7.0 に上がるように決めた。土壌中における CO₂ フラックスは、拡散法により土壌中のガス拡散係数と濃度勾配によって求めた。また測定期間中における土壌中の CO₂ 生成量は、質量保存則によって対象とする層に流入するフラックスと流出するフラックスの差から求めた。5 深度における土壌中の CO₂ 濃度 (2, 6, 10, 27, 45cm)、4 層における土壌 pH と土壌溶液中の溶存炭素量 (0-10、10-20、20-30、30-40cm) を 2013 年 8 月~11 月まで 2 週間に 1 度測定を行った。地表面 CO₂ 放出量は 9 月より測定を開始した。測定期間中、TDR を用いて土壌水分量、熱電対を用いて土壌中の地温を 30 分間隔で経時測定した。土壌中のガス拡散係数は不攪乱試料 (500cm³、高さ 5cm) を採土し実験室内で水分調整後に測定した。別の不攪乱試料 (100cm³、高さ 5cm) を採土し、保水試験を行った。

3. 結果と考察

まず NaOH 区における 2cm 深の CO₂ 濃度は正確な値を得ることができなかった。地表面 CO₂ 放出量において、NaOH 区は Ca(OH)₂ と比べて 39%、対象区と比べて 53% と小さい値を示した。一方 6-10cm

北海道大学大学院農学院* Graduate School of Agriculture, Hokkaido University* 北海道大学大学院農学研究
院** Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University** 北海道農業研究センター*** National
Agricultural Research Center for Hokkaido Region*** 土壌空気、土壌構造

の CO₂ フラックスにおいて、NaOH 区は Ca(OH)₂ 区と比べて 80%，対象区と比べて 166% であることから、NaOH 区の地表面 CO₂ 放出量が小さいのは、0-8cm の生成量が小さいためであると考えられる。マトリックポテンシャル < -10cm において、同じ値の体積含水率の時のマトリックポテンシャルは、Ca(OH)₂ 区 ≥ 対象区 ≥ NaOH 区の順になった。同じ値の体積含水率の時、そのマトリックポテンシャルに対応する間隙のサイズは、Ca(OH)₂ 区 ≥ 対象区 ≥ NaOH 区の順になる。気相間隙が少ないと土壌中の微生物呼吸に供給される酸素が少なくなると考えられるため、NaOH 区における 0-8cm の CO₂ 生成量が小さくなったと考えられる。

0-10cm において、NaOH 区 (pH 6.7-7.3) の土壌 pH は、Ca(OH)₂ 区 (pH 6.0-6.9) と対象区 (pH 5.3-5.9) より高い値で推移した。10-20cm において同様の傾向を示したが、20-30cm、30-40cm において、各区に違いは見られなかった。0-10cm において、NaOH 区 (155.2-532.3 mg/kg 乾土) の土壌溶液中の DOC 量は Ca(OH)₂ 区 (7.7-22.4 mg/kg dry 乾土) と対象区 (6.8-17.2 mg/kg 乾土) と比べて、10 倍以上大きい値で推移した。10-20cm においても、NaOH 区 (10.6-161.3 mg/kg 乾土) の DOC 量は、Ca(OH)₂ (3.3-11.6 mg/kg 乾土) と対象区 (3.8-14.0 mg/kg 乾土) より大きい値で推移した。NaOH 区においては、pH が上昇したことにより有機炭素分子と土壌の負電荷が増加したことから、電気的反発力が生じて、そのため土壌が分散して有機炭素が溶解しやすくなり DOC 量が増えたと考えられる。Ca(OH)₂ 区においては、Ca が凝集効果のため、pH が上昇しても DOC 量は増えなかったと考えられる。

本研究における圃場の条件下では、NaOH 区の土壌は分散し、Ca(OH)₂ 区の土壌は凝集状態だったため土壌水分保持特性に相違が生じ、そのために地表面 CO₂ 放出量が異なると考えられる。そのため、顕著な DOC 量の相違は CO₂ 生成に影響しなかったと思われる。

【引用文献】

瀬戸昌之, 1980. 土壌の二酸化炭素の放出速度と土壌の含水率および土壌溶液中の溶存有機炭素量との関係. 日本生態学会誌, 30, 385-391.
 F. Ahmed, M. Ishiguro, T. Akae, 2012. Dissolution of Humic Substances from Highly Humic Volcanic Ash Soil as Affected by Anionic Surfactant, Electrolyte Concentration and pH. Journal of Environmental Protection, 3, 280-287.

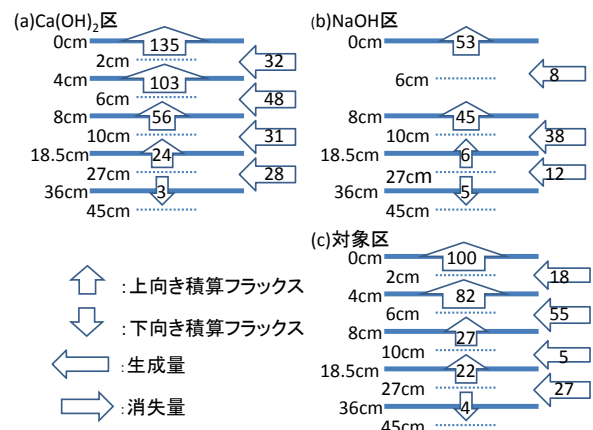


図1 地表面 CO₂ 放出量および土壌中の CO₂ フラックスと生成量・消失量。矢印の中の値は対象区における地表面 CO₂ 放出量を 100 としたときの値。
 CO₂ flux, production, and consumption at each soil-depth interval. The values in the arrays are shown as relative percentages to the amounts of CO₂ flux at the soil surface in the control site.

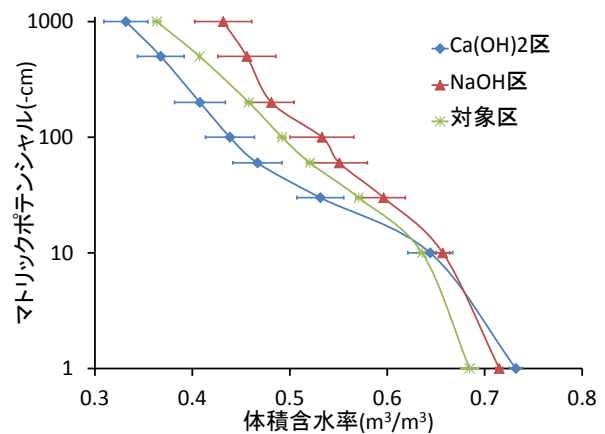


図2 体積含水率とマトリックポテンシャルの関係
 Relations of volumetric water content and matric potential.