

モノリスライシメータを用いた土壌 - 植物 - 大気 - 地下水系における N, C の動態解析 Estimating of behaviors of N and C in Soil-Plant-Atmosphere-Aquifer-Continuum by using monolith lysimeters

藤川智紀 中村真人 柚山義人

FUJIKAWA Tomonori, NAKAMURA Masato, YUYAMA Yoshito

1. はじめに

実際の圃場において安定した作物生産をおこなうためには、土壌中に保持される各種物質の量を適正に管理することが必要不可欠である。ある物質の土壌中の保持量が作物の生長にとって不足している場合、施肥によってその物質が補われる。しかし、施肥によって土壌中に投入される物質は、その一部しか植物に利用されず、残りは土壌中に蓄積されたり、土壌から溶脱されたり、大気中へ放出されたりする。中でも、窒素(N)や炭素(C)は、多量に土壌に投入されるが、水圏へ移動した場合には地下水汚染(NO_3^-)の、大気圏へ移動した場合は地球温暖化(N_2O , CO_2 , CH_4)や酸性雨(NH_3)の原因物質になる。施肥効率を上げるだけでなく、環境汚染を防止する意味でも、施肥後、これらの物質が土壌を経由して、植物や大気圏、水圏へ、いつ、どのくらいの量、どのような状態で移動するかを知ることは重要である。しかし、NやCの動態に関しては、物理的な移動現象、生物・化学的な反応現象の両方を含むため、定量的な解析が非常に難しい。さらに、これまで、土壌 - 植物間、土壌 - 大気間、土壌 - 地下水間のそれぞれの系間の物質移動に関する研究は進められているものの、全てを連続した系 (Soil-Plant-Atmosphere-Aquifer-Continuum: SPAAC) として捉えて物質の動態を解析した研究は少なく、系間の物質移動同士の相互関係も不明である。実際に栽培をおこない、作物による吸収量、溶脱量、ガス発生量を同時に測定することは、研究を進める上で有効な手段であると思われる。本研究では、モノリスライシメータと呼ばれる不攪乱状態の土壌を用いたライシメータで栽培試験をおこない、土壌 - 植物 - 大気 - 地下水系における N と C の動態をモニタリングした。

2. 実験

2.1 土壌試料および作物栽培

前田(2005)を参考に、千葉県香取郡多古町の畑地(表層 黒ボク土)で、不攪乱状態の土壌試料(直径 28.6cm, 高さ 100cm 以下, 土壌モリス)を採取した。土壌モリスの底部は穴あきのステンレス盤で支持し、底面を毛管(キャピラリー)と接触させ、地下水位を地表より深さ 110cm に設定した(図 1)。

施肥には硫酸、熔リン、臭化カリウム(KBr)を用い、N, P, K がそれぞれ 10a あたり 25kg (25g m^{-2})となる量を、表土(深さ 0~10cm)に混合した(化成肥料区)。また対照

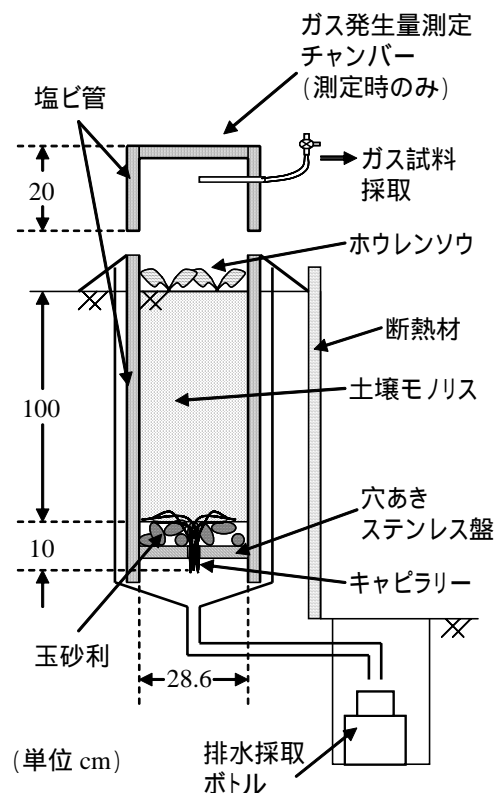


図1 モノリスライシメータ模式図

区として、表土の攪拌のみおこない、施肥しない区(無施肥区)を作成した。各区、2本の土壌モリス()を作成した。土壌モリスは2005年8月に水道水で飽和後、重力により排水し、9月16日に降雨の流入を防止するために付けていたフタを外し、実験開始日とした。10月11日に施肥し、10月24日にハウレンソウを播種した。

2.2 測定

溶脱水を採取し、定期的に溶脱水量、全窒素量(T-N)、硝酸態窒素量(NO_3^- -N)、全有機体炭素量(TOC)を測定した。

土壌モリスからのガス発生量をクローズドチャンバー法で測定した。チャンバーはモリスと同じ径の塩ビ管にフタを付けたものであり、側面に穴を開け、外部からチャンバー内部のガスを採取できる様にチューブを通した。チャンバーを土壌モリスの上部に設置した後、10分間隔でチャンバー内部のガスを採取した。採取したガスの N_2O と CO_2 濃度をガスクロマトグラフで分析し、濃度の時間変化からガス発生量を計算した。測定は施肥や播種の前後は1~4日間隔、その後は2週間間隔とした。

3. これまでに得られた結果

3.1 溶脱による地下水系へのN移動

溶脱水中の NO_3^- -N濃度の時間変化を図2(a)に示す。 NO_3^- -N濃度は施肥後、時間とともに高くなった。無施肥区でも NO_3^- -N濃度が高くなったことから、この原因は初期の攪拌の影響であると考えられる。130日過ぎに NO_3^- -N濃度が上昇したが、施肥中のNの溶脱かどうかは不明である。また同じ施肥条件の土壌モリスでも結果のばらつきは大きかった。

3.2 ガス発生による大気系へのN移動

地表からの N_2O -N発生量を図2(b)に示す。施肥直後、化成肥料区では無施肥区に比べて、急激に発生量が大きくなった。各測定日の発生量から累積発生量を計算した結果、化成肥料区では実験開始から130日後に、施肥中のNの0.71%が N_2O として大気に放出されたと推測された。

4. 今後の課題と展開

・作物体内へのN,C移動量を測定する。また、未測定化合物(N_2 , NH_3 , NO_2^- , CH_4 など)に関する測定や推定をおこない、栽培に伴う土壌-植物-大気-地下水系内のN,C挙動を解析する。
 ・施肥の時期、方法、種類や土壌の条件が測定結果にどのような影響を与えるかを調べる。様々な条件でのデータを蓄積し、栽培条件をパラメータとして地球温暖化、水質汚染などの環境へのインパクトを推定できるモデルを提案する。

・各系内(例えば土壌(断面)内)の各種化合物の濃度変化や移動係数(反応係数)を測定し、移動方程式を用いた物質移動の解析およびシミュレーションをおこなう。また、各系間の移動に関するパラメータを整理し、土壌-植物-大気-地下水系において、連続して物質移動を扱うことのできるモデルを構築する。

・より広域の予測対象へスケールアップするために、時間的、空間的な変動(ばらつき)を把握する。

参考文献 前田(2005) 第3回環境保全型農業技術研究会「環境保全型農業を構築するための土壌肥料新技術」, p.46-55

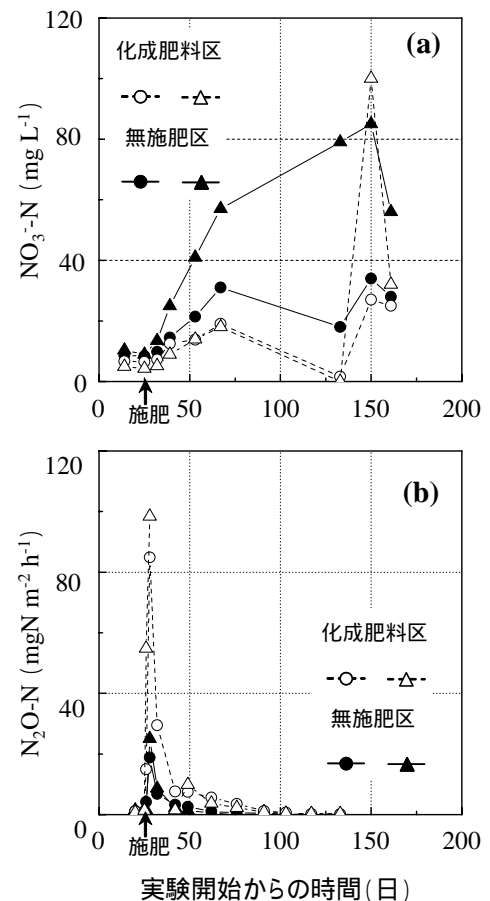


図2 土壌モリスからのN放出量の時間変化 (a) 溶脱(NO_3^- -N), (b) ガス(N_2O -N)