

オーチャードグラス／トールフェスク混播草地における 牛ふん完熟堆肥の経年施用が草地土壌の化学性に及ぼす影響

小倉 振一郎*・宍戸 哲郎・田中 繁史・丹内 正樹・遊佐 健司

東北大学大学院農学研究科

宮城県大崎市鳴子温泉字蓬田 232-3 〒989-6711

2013 年 2 月 25 日受付, 2013 年 4 月 18 日受理

要 約

イネ科採草地への牛ふん完熟堆肥（以下堆肥）の経年的な表面施用による土壌の化学性への影響とその後の化学肥料への切り替えにともなう残効について検討した。2005 年秋に造成したオーチャードグラス／トールフェスク混播草地内に、前報（小倉ら, 2012）のように 6 つ（各 200 m × 14 m）の処理区を設け、2006–2008 年に処理を行った。①：無施肥, ②：化学肥料の分割施用, ③：K₂O 量で②と同量の堆肥を分割施用し、不足 N 量を尿素で補充, ④：N 量で②と同量の堆肥を分割施用, ⑤：処理④の年間施用量を春に一括施用, ⑥：処理④の 2 倍量の堆肥を分割施用。また 2009 年には全区に化学肥料を施用（処理②）した。試験開始時と毎年三番草収穫後に土壌（0–10 cm, 各区 4 地点）を採取、分析した。N および可給態 P 含量に明確な差は認められなかったが、堆肥のみ施用した 3 つの区（処理④⑤⑥）では交換性 K および交換性 Mg 含量が大きく上昇し、交換性 Ca 含量も増加傾向を示した。また Mg/K 当量比と Ca/Mg 当量比は大きく低下した。化学肥料切り替え翌年には、交換性 K 含量は低下したが、交換性 Mg 含量は高いままであった。一方、K 量を基本とした処理③では土壌中無機物バランス悪化がきわめて小さいため、良質な牧草の持続的生産に相当であると考えられた。

キーワード：牛ふん堆肥, 採草地, 土壌, 無機物, 連年施用。

東北畜産学会報 63(1): 7～14 2013

緒 言

家畜排泄物の堆肥化とその農耕地への施用による粗飼料生産は、資源循環型農業の構築および粗飼料自給率向上にとって重要な技術である。良質な牧草を目標生産量に応じて安定的に生産するためには、牧草の生育に必要な各種要素を適正に施用する必要があるが（日本草地協会, 2007）、家畜排泄物の成分バランスは牧草が要求する養分バランスとは必ずしも一致しない（原田, 2004）。牛ふん堆肥はカリウム（K）含量が高いため（尾形, 1976；山口ら, 2000；大谷と田鎖, 2005；日本草地協会, 2007）、その多量施用によって牧草の K

含量が大きく上昇し、無機物バランスが悪化する（近藤ら, 1979；伊東ら, 1982；畠中ら, 1985；秋田と森, 1992）。

飼料の無機物吸収量は、土壌中の無機物組成の影響を受けて変化する。家畜ふん堆肥の施用により、土壌の無機物含量およびバランスが変化することはすでに知られているが、中でも K 富化が最も懸念されている（橋元ら, 1971；近藤ら, 1979；伊東ら, 1982；畠中ら, 1985）。土壌中 K 含量の上昇は、カルシウム（Ca）やマグネシウム（Mg）の吸収に拮抗的に作用するため（倉島, 1980）、牛ふん堆肥の多量施用にともなう飼料中無機物バランスの悪化は、主に土壌中 K 含量の上昇による土壌無機物バランスの悪化に起因すると考えられている（近藤ら, 1979；伊東ら, 1982；木村と倉島, 1983；池田ら, 1999）。しかし、家畜ふん堆肥の多量施用により土壌中 P, Mg および Ca など富化されるた

* 連絡者：小倉 振一郎（おぐら しんいちろう）
（東北大学大学院農学研究科 陸園生態学分野）
Tel: 0229-84-7378 Fax: 0229-84-7378
E-mail: s-ogura@bios.tohoku.ac.jp

め（橋元ら，1971；近藤ら，1979；伊東ら，1982；畠中ら，1985），土壤中無機物バランスの悪化を把握するには複数の元素の変化に着目する必要がある。

前報では，イネ科牧草地において，追肥として牛ふん完熟堆肥を経年的に表面施用したところ，窒素（N）量で慣行施肥量と等量（27-81 t 堆肥 /ha/ 年）もしくは2倍量（54-162 t 堆肥 /ha/ 年）を採草地に施用した区では，2年目から牧草中 Ca 含量が大きく低下し，P および K 含量が上昇した。この処理の影響は，化学肥料のみの慣行施用へ切り替えた4年目にも認められ，牧草中 Ca 含量および Ca/P 比は低く，K 含量および K/(Ca+Mg) 当量比は高く推移した（小倉ら，2012）。このような牧草中無機物組成の変化は，堆肥施用にともなう土壌の無機物バランスの変化によると考えられる。すなわち，牛ふん完熟堆肥を土壌と混和することなく，単に表面施用するだけでも，数年で土壌中の無機物組成が変化し，それにともない牧草中無機物組成が変化したものと推察される。

それを明らかにするため，本研究では前報と同様の方法により，牧草地への牛ふん完熟たい肥の表面施用が草地土壌の化学性に及ぼす影響を調査し，土壌中無機物バランスが変化する要因について検討した。

材料と方法

試験地の造成

本試験は，東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センター陸域生産システム部（宮城県大崎市鳴子温泉）内の採草地（3.0 ha）で行われた。この採草地の土壌は非アロフェン質黒ぼく土であり，栽培履歴および採草地の造成過程については前報（小倉ら，2012）のとおりである。

処理区の設置と試験地の管理

2006年5月に，施肥管理の異なる6つの処理区（各区の大きさは200 m × 14 m）を設けた（図1）。すなわち，

1)「無施肥」区：無施肥区。2)「化成・分」区：化学肥料による慣行施用区。3)「堆肥 K・分」区：K 量で「化成・分」区の年間施用量と同量となるように，牛ふん堆肥を早春および各収穫後に施用し，不足する窒素量を尿素で補充した区。4)「堆肥 N・分」区：窒素（N）量で「化成・分」区の年間施用量と同量の牛ふん堆肥を分割施用した区。5)「堆肥 N・一括」区：「堆肥 N・分」区と同量の牛ふん堆肥を春にまとめて毎年1回施用した区。6)「堆肥 2N・分」区：「堆肥 N・分」区の2倍量の牛ふん堆肥を早春および各収穫後に散布した区。この処理を2008年までの3年間継続した。2009年（4年目）には堆肥施用の残効をみるため上記処理を行わず，すべての区を等量の化学肥料（計画施用量として $N-P_2O_5-K_2O = 174-87-134$ kg/ha/年）施用とした。各区の季節別施肥設計，年間成分施用量および試験地の管理状況については前報（小倉ら，2012）のとおりである。

土壌の採取と分析

本圃場は，北から南にかけてごく緩やかに傾斜していると同時に，東西方向にも緩やかな傾斜がある（図1）。このような地形を考慮し，調査エリアを各区内の東西各斜面中腹に2ヶ所ずつ，合計4か所設けた（20 m × 14 m）。そのエリア内で，牧草の生育が中庸でかつ牧草被度が80%以上の地点を選び，表面に堆積しているリターおよび未分解の堆肥を除去し，スコップを用いて土壌（10 cm × 5 cm，深さ 0-10 cm）を採取した。土壌採取は，2006年5月16日（試験開始時），2006年11月15日（当年三番草収穫後），2007年11月6日（二年目三番草収穫後），2008年12月9日（三年目三番草収穫後）および2010年3月23日（試験終了翌年の早春）に実施した。十勝農業協同組合連合会農産化学研究所に依頼し，仮比重，陽イオン交換容量（ショーレンベルガー法），pH(H₂O）（ガラス電極法），リン酸吸収係数（2.5% リン酸アンモニウム添加法），有効態リン酸含量（トルオーグ法），交換性 K 含量（原子吸光法），交換性 Mg 含量（原子吸光法），交換性 Ca 含量（原子吸光法），Mg/K 当量比，Ca/Mg 当量比，石灰飽和度，塩基飽和度，全窒素含量（乾式燃焼法），硝酸態窒素含量（ナフチルエチレンジアミン吸光度法）およびアンモニア態窒素含量（インドフェノール法）を測定した。無機物バランスの結果について，北海道農政部（2010）の土壌診断基準値にもとづき Mg/K 当量比および Ca/Mg 当量比の適正値をそれぞれ2以上および5-10とした。

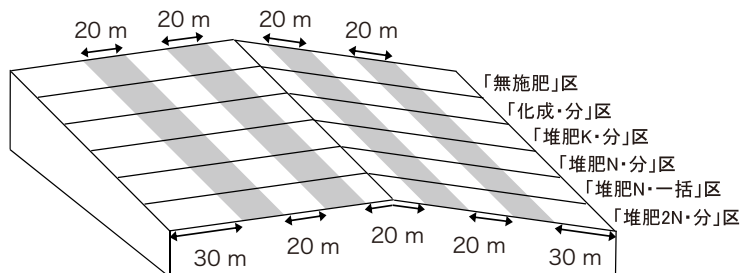


図1. 試験地の概要
灰色部分は土壌採取エリアを示す

結果と考察

土壌中全窒素含量 (図 2A) は 0.46–0.58 g/100 g の範囲で推移し、処理による明確な違いは認められなかった。50–100 t 堆肥 /ha/ 年の連用では、N の施用量と牧草による吸収量との間に均衡が保たれている (伊東ら, 1982)。また牧草による N 利用率は、80 t 堆肥 /ha/ 年までは高く推移し、大きな差はみられない (秋田・森, 1992)。本研究でも、概ねすべての処理区で施用した牛ふん堆肥中 N が牧草に利用されたと考えられる。また、本研究は完熟堆肥を表面施用したため、「堆肥 2N・分」区では草地表面に未分解の堆肥が堆積していた。したがって、施用した N の一部は堆肥中に含まれた状態で草地土壌には移行していない可能性も考えられる。

硝酸態窒素含量 (図 2B) はすべての区で大きな年次変動が認められた。2007–2008 年にすべての区において値が上昇した理由は不明であるが、最も上昇した 2008 年 12 月には、「化成・分」区で 5.73 mg/100 g まで上昇し、堆肥のみを施用した「堆肥 N・分」区、「堆肥 N・一括」区および「堆肥 2N・分」区でも 2.85–3.52 mg/100 g と

高まった。一方、「無施肥」区および「堆肥 K・分」区では上昇程度が小さかった。またアンモニア態窒素含量 (図 2C) は 2007 年 11 月にすべての区で上昇し、特に「堆肥 2N・分」区では 2.65 mg/100 g に達した。その他の調査時には、0.54–1.16 mg/100 g であった。土壌中硝酸態 N 含量は堆肥施用量にともない増加するが、容易に下層に溶脱する (伊東ら, 1982)。また、草地では牧草による養分吸収および無機態窒素の有機化程度が高いため、表層土壌中の濃度があまり上昇しなかった可能性がある (近藤ら, 1979)。また一般に、土壌中無機態窒素は施肥後の経過日数、降水、温度等に影響されて変動することが知られている (Ball と Ryden, 1984; Kimura と Kurashima, 1985; Sugimoto ら, 1992; Iijima ら, 2000)。本研究では毎年 1–2 回の土壌採取であるため、堆肥施用方法の違いによる季節変動については明らかにできなかった。化学肥料にくらべ、牛ふん完熟堆肥から土壌への窒素の移行速度は小さいと考えられるが、その動態についてはさらに調査する必要がある。

土壌の仮比重は 0.643–0.820、リン酸吸収係数は 1.671–2.150 の範囲であった。陽イオン交換容量 (図 3A) は 32.7–49.2 meq/100 g で推移し、処理による明確な差は認められなかったが、pH(H₂O) (図 3B) は堆肥のみを施用した「堆肥 N・分」区、「堆肥 N・一括」区および「堆肥 2N・分」区で 2006 年 11 月以降に高く推移した。牛ふん堆肥の施用にともない土壌表層に塩基が供給され、土壌の緩衝能が増加した (近藤ら, 1979; 秋田と森, 1992) ものと考えられる。

牛ふん堆肥施用の影響が最も強く認められたのは、交換性 K 含量であった (図 3C)。すなわち、堆肥のみを施用した「堆肥 N・分」区、「堆肥 N・一括」区および「堆肥 2N・分」区では、交換性 K 含量が処理当年から 3 年目まで大きく上昇した。とくに「堆肥 N・分」区では「堆肥 N・一括」区と堆肥施用量が等しかったにもかかわらず、土壌中 K 含量が高く推移した。牛ふん堆肥に含まれる K は大部分が水溶性であり、施用後速やかに土壌に浸透する (近藤ら, 1979)。本研究でも、牛ふん堆肥の連年施用により土壌表層に K が蓄積したと考えられる。また、「堆肥 N・一括」区の値が「堆肥 N・分」区にくらべ低かった理由として、一括区では春に 1 年分の堆肥が施用されているため、土壌を採取した晩秋までの間に堆肥から土壌下層へ K が溶脱したか、または植物による吸収が進んだ可能性が考えられる。しかし、化学肥料施用に切り替えた後の 2010 年 3 月には、上記 3 つの区の K 含量はいずれも大きく低下した。土壌に移行した K は、初期には土壌表層に集積するが、徐々に下層へと溶脱すること (近藤ら, 1979; 伊東ら, 1982)、

□:「無施肥」区, ▨:「化成・分」区, ▤:「堆肥 K・分」区,
▩:「堆肥 N・分」区, ▦:「堆肥 N・一括」区, ■:「堆肥 2N・分」区

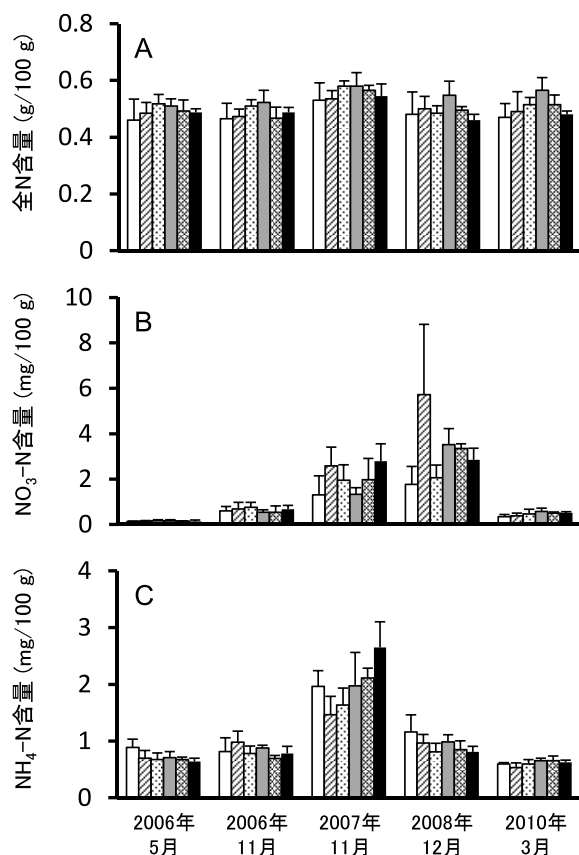


図 2. 各処理区における土壌中窒素含量の変化
縦棒は標準偏差 (n=4)

もしくは牧草の生育による K 収奪が土壤中 K 含量を速やかに減少させた（伊東ら，1982）ものと推察される。伊東ら（1982）は，施肥を中断することにより土壤中 K が急激に減少することを報告している。

有効態リン酸（図 3D）をみると，牛ふん堆肥施用による土壤中有効態 P 含量への明確な影響は認められなかった。家畜ふん堆肥の施用量が 300–400 t/ha/ 年以上に増加すると，土壤中有効態 P 含量は増加するという報告がある（橋元ら，1971；伊東ら，1982）。また近藤ら（1979）も，牛ふん堆肥施用量が本研究の最大量とほ

ぼ同量の 160 t/ha/ 年まで増加すると土壤表層 0–5 cm の有効態 P 含量が増加すると報告している。本研究で牛ふん堆肥施用の効果が認められなかった要因として，本研究では堆肥のみを施用した区，とくに「堆肥 2N・分」区では施用した堆肥が未分解のまま草地表面に堆積し，土壤へ移行した P 量が少なかったこと，または採取土壤の深さが 0–10 cm であり近藤ら（1979）の調査にくらべ採取層が厚かったことが考えられる。

交換性 Mg 含量（図 3E）は，堆肥のみを施用した「堆肥 N・分」区，「堆肥 N・一括」区および「堆肥 2N・

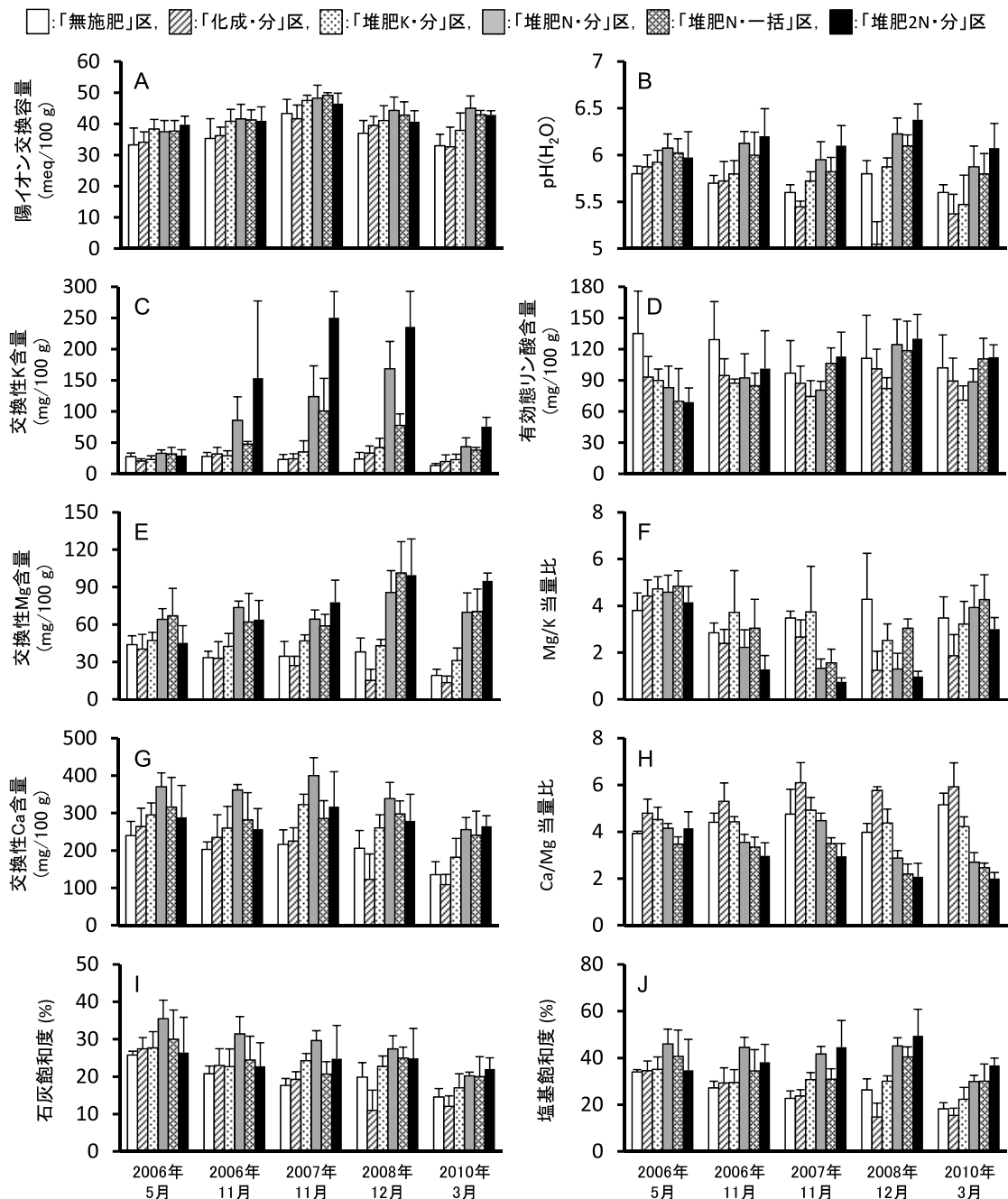


図 3. 各処理区における土壌の物理化学性の変化
縦棒は標準偏差 (n=4)

分」区で処理当年から高く推移し、2008年12月には85.6–101.5 mg/100 g に達した。また、化学肥料施用に切り替えた後の2010年3月においても、堆肥のみを施用した3つの区で高かった。一方、「堆肥K・分」区の土壌では、交換性K含量、交換性Mg含量はともに年次的上昇は認められなかった。Mg/K当量比（図3F）は「堆肥2N・分」区において2006年11月から低下が認められ、「堆肥N・分」区および「堆肥N・一括」区でも2007年11月に大きく低下した。しかし、化学肥料に切り替えた後の2010年3月には、これら3つの区のMg/K当量比は再び上昇した。土壌中Mg含量がK含量よりも低下すると、作物のMg欠乏症が発生する可能性があるため、Mg/K当量比は2.0以上とされている（北海道農政部、2010）。本研究では、牛ふん堆肥のみを施用した3つの区すべてにおいて2.0未満の値が認められた。土壌中Mg含量は家畜ふん堆肥施用量の増加にともない上昇することが知られている（橋元ら、1971；近藤ら、1979；伊東ら、1982）。Mgは堆肥の施用後、Kと同様に土壌下層に溶脱するものの、その程度はKにくらべ小さいため、耕土層内に集積する傾向が強い（伊東ら、1982）。本結果においても、堆肥の施用にともないMgが経年的に土壌表層に蓄積し、化学肥料への切り替え後も集積した状態にあったことが推察される。また伊

東ら（1982）によれば、土壌中Mgは施用中断により急激に減少するとされているが、本結果ではKにくらべMgは化学肥料への切り替え後1年を経過しても堆肥施用の残効が認められた。

交換性Ca含量（図3G）に明らかな処理区間差は認められなかったが、「無施肥」区および「化成・分」区では年次的に減少する傾向が認められたのに対し、「堆肥K・分」区、「堆肥N・分」区、「堆肥N・一括」区および「堆肥2N・分」区ではやや高く推移した。2010年3月には、堆肥のみを施用した「堆肥N・分」区、「堆肥N・一括」区および「堆肥2N・分」区（241–265 mg/100 g）がそれ以外の区（109–182 mg/100 g）にくらべ高かった。Ca/Mg当量比（図3H）をみると、適正值（5–10）（北海道農政部、2010）を示したのは「化成・分」区のみであり、とくに堆肥のみを施用した3つの区では2006年11月から2010年3月まで大きく低下した。Caは下層への溶脱がほとんど認められず、耕土中には蓄積される（伊東ら、1982）。また、土壌中Ca含量は家畜ふん堆肥の施用にともない増加するが、作物による吸収量に処理区間差は認められない（伊東ら、1982）。これをふまえると、本研究においても牛ふん堆肥の施用により土壌中に供給されたCaが土壌表層に蓄積したものと推察される。土壌のCa/Mg当量比は、化学肥料より

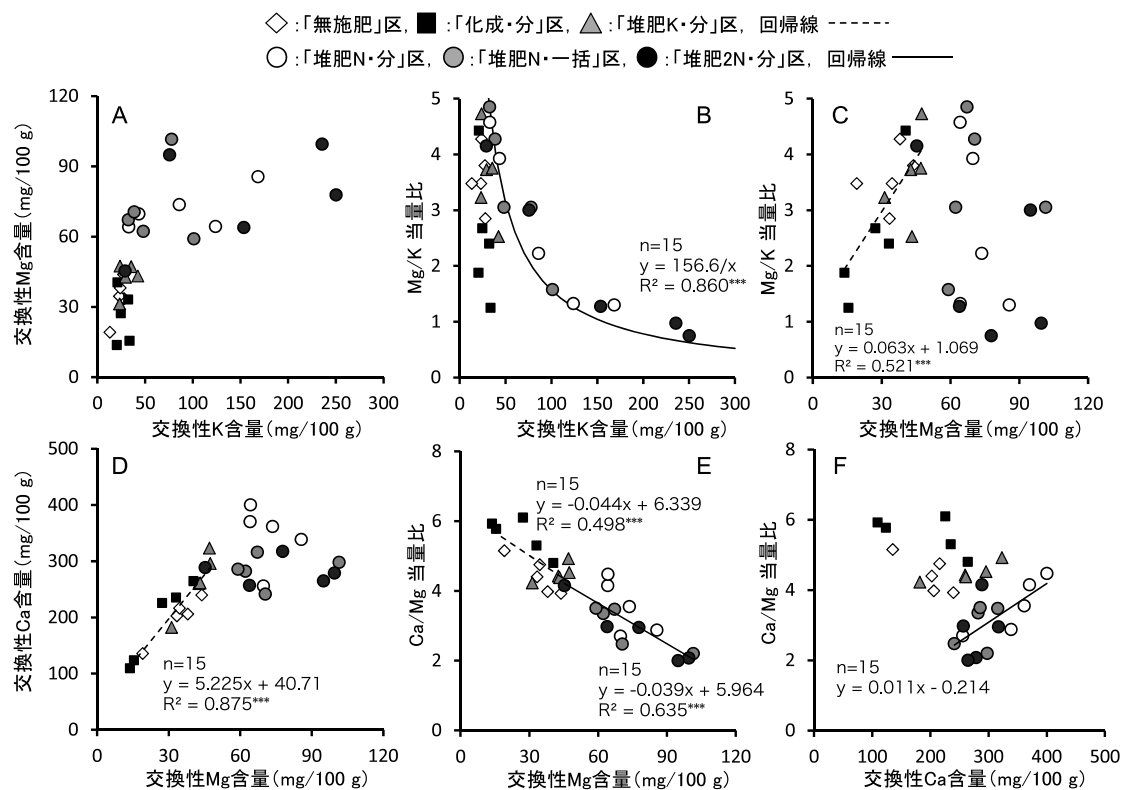


図4. 土壌中の交換性K含量、交換性Mg含量およびMg/K当量比の関係（A-C），
ならびに交換性Mg含量、交換性Ca含量およびCa/Mg当量比の関係（D-F）
***は $P < 0.001$ で有意であることを示す

も牛ふん尿施用下で低下することが知られている（吉浦と北崎，1977；伊東ら，1982）。本研究でも同様の結果が示された。一方，石灰飽和度（図 3I）に明確な処理区間差は認められなかったが，塩基飽和度（図 3J）では 2008 年 12 月に堆肥のみを施用した 3 つの区が他区にくらべ高い値となった。

牛ふん堆肥の連年施用により，土壤中 K および Mg 含量はともに上昇したが，Mg/K 当量比は低下した（図 3F）。土壤中 Mg 蓄積量よりも K 蓄積量が相対的に増加したため（橋元ら，1971；伊東ら，1982；秋田・森，1992）と考えられる。同様に，土壤中 Ca 含量も牛ふん堆肥施用により増加する傾向が認められたが，Ca/Mg 当量比は大きく低下した。このことから，牛ふん堆肥の施用にともない，土壤中の Ca の富化にくらべ Mg の富化が次第に進んだものと考えられる。そこで，土壤中無機物バランスに及ぼす各元素含量の影響を明らかにするため，土壤中の交換性 K 含量，交換性 Mg 含量および Mg/K 当量比の関係，ならびに交換性 Mg 含量，交換性 Ca 含量および Ca/Mg 当量比の関係を解析した（図 4）。堆肥のみを施用した「堆肥 N・分」区，「堆肥 N・一括」区および「堆肥 2N・分」区とそれ以外の区との間には違いが認められた。まず交換性 Mg 含量と K 含量をみると，堆肥のみを施用した 3 つの区では，交換性 Mg 含量が 45.3–101.5 mg/100 g と他の 3 つの区（13.7–47.4 mg/100 g）にくらべ高く，交換性 K 含量は 29.2–250.2 mg/100 g と大きなばらつきがみられた（図 4A）。Mg/K 当量比と各元素との関係についてみると，堆肥のみを施用した 3 つの区では，交換性 K 含量との間に有意な関係が認められた（ $P<0.001$ ）のに対し，それ以外の区では K 含量にほとんど変動が認められず Mg 含量の影響を受けていた（図 4B および 4C）。すなわち，無施肥および化学肥料施用下での土壤中 Mg/K 当量比の低下は Mg 量の不足によるが，牛ふん堆肥の施用下では相対的に多量な K の供給によって Mg/K 当量比が低下するといえる。次に，交換性 Ca 含量と Mg 含量をみると，堆肥のみを施用した 3 つの区では，交換性 Ca 含量が 241.2–400.2 mg/100 g と他の 3 つの区（109.3–323.1 mg/100 g）にくらべやや高かった（図 4D）。また，堆肥のみを施用した 3 つの区では Ca 含量と Mg 含量との間に相関関係は認められなかったものの，他の 3 つの区では Ca 含量の高い土壌ほど Mg 含量も高かった（ $P<0.001$ ）。Ca/Mg 当量比と各元素との関係をみると，無施肥および化学肥料施用下では交換性 Mg 量の増加が Ca/Mg 当量比の低下要因であったが，牛ふん堆肥の施用下では，交換性 Mg の増加のみならず交換性 Ca 含量の低下も Ca/Mg 当量比を低下させる要因であった（図

4E および 4F）。これらの結果は，牛ふん堆肥施用下では 1) 土壤中交換性 Mg 含量が富化されるものの，顕著な K 蓄積によりむしろ Mg/K 当量比は低下しやすいこと，ならびに 2) 土壤中交換性 Ca 含量が比較的富化されるものの，交換性 Mg 含量の富化によりむしろ Ca/Mg 当量比は低下すること，を示している。

本研究では，イネ科牧草地において化学肥料の代替として牛ふん完熟堆肥を経年的に表面施用した結果，土壤中 N および P 含量に大きな変化は認められなかったものの，交換性 K および Mg 含量の顕著な増加と Ca 含量の増加傾向が認められた。また，このような土壤中無機物含量の違いは Mg/K 当量比および Ca/Mg 当量比の著しい低下の要因となっていた。すなわち，牛ふん完熟堆肥を草地表面に施用した場合でも，土壤中の無機物バランスは数年で悪化することが本研究により示された。一連の土壤中無機物バランスの悪化は，前報（小倉ら，2012）で示したような牧草中 Ca 含量の低下，K 含量および K/(Ca+Mg) 当量比の上昇を生じさせているといえる。中でも交換性 Mg の富化は化学肥料への切り替え 1 年後にも認められたことから，牛ふん堆肥施用を中断した後でも，石灰の施用による Ca/Mg 当量比の適正化が必要となる場合がある。本研究では，堆肥から土壌への無機物の移行過程を調査していないが，完熟堆肥の分解速度は低く，残効が緩やかにかつ長期的に生じる可能性が考えられる。したがって，表面施用した堆肥からの養分の移行について，今後更なる調査が必要である。他方，K 量を基本に牛ふん堆肥を施用し，不足する N を化学肥料で補充する施肥体系では，土壌中および飼料中無機物バランスの悪化はきわめて小さい。N 量を基本にした場合にくらべ家畜ふん堆肥の施用量は減少するが，家畜排泄物の資源化と良質な飼料の持続的生産を両立する最善の方法と考えられる。

謝 辞

本研究の実施と取りまとめにあたり，多くの有益なご助言を賜った東北大学大学院農学研究科の伊藤豊彰博士に感謝申し上げます。本研究は，文部科学省地域連携融合事業「コンポスト総合科学プロジェクト」の一部として実施された。関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 秋田 勉, 森 登. 牛ふん及びオガクズ入り牛ふん堆肥連用による飼料作物の飼料成分と土壌成分の変化. 兵庫県中央農業技術研究センター報告 (畜産編), 28: 39–46. 1992.
- Ball PR, Ryden JC. Nitrogen relationships in intensively managed temperate grasslands. *Plant and Soil*, 76: 23–33. 1984.
- 原田靖生. 良質たい肥の製造と環境保全的な農地利用. 畜産の研究, 58: 1277–1283. 2004.
- 橋元秀教, 小浜節雄, 辻 藤吾. 腐植質火山灰土壌における厩肥連用の効果. 九州農業試験場報告, 16: 25–61. 1971.
- 畠中哲哉, 萬田富治, 村井 勝, 秋山 侃. 耕地および採草地の土壌性状と収穫物の無機成分. 日本草地学会誌, 30: 419–427. 1985.
- 北海道農政部. 北海道施肥ガイド 2010, pp. 189–221. 2010.
- Iijima Y, Kurokawa U, Tanaka H, Omata F, Shioya T. Seasonal changes in nitrogen uptake by pasture plants and soil nitrogen content in a grazed tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) pasture. *Grassl. Sci.*, 46: 111–120. 2000.
- 池田健一郎, 野々山芳夫, 市來征勝. 土壌中の塩基含量がイタリアンライグラスの収量および塩基組成に及ぼす影響. 日本土壌肥科学雑誌, 70: 51–58. 1999.
- 伊東祐二郎, 塩崎尚郎, 橋元秀教. 多腐植黒ボク土の畑地における牛ふん尿厩肥の大量施用と土壌の肥沃性. 九州農業試験場研究報告, 22: 259–320. 1982.
- 木村 武, 倉島健次. 牧草のカルシウムとマグネシウム吸収に及ぼす土壌中のこれらの塩基の相互作用. 日本土壌肥科学雑誌, 54: 281–287. 1983.
- Kimura T, Kurashima K. The fate of fertilizer nitrogen applied to grass sward in Japan –influence of sward age and season of the year-. *Proc. XV Int. Grassl. Cong.*, 445–447. 1985.
- 近藤 熙, 石井和夫, 杉原 進. 混播草地に対する牛ふん厩肥の連年多量施用. 東北農業試験場研究報告, 60: 41–62. 1979.
- 倉島健次. 山地傾斜地の放牧草地における土壌塩基の分布と牧草の塩基組成. II. 牧草の塩基含有率とそのバランス. 日本草地学会誌, 25: 354–361. 1980.
- 日本草地協会. 草地管理指標 –草地の土壌管理および施肥編– (改訂版). 1–147. 2007.
- 尾形 保. 家畜排泄物の土壌還元利用 (1). 畜産の研究, 30: 195–198. 1976.
- 小倉振一郎, 遊佐 健司, 宍戸 哲郎, 田中 繁史, 丹内 正樹, 佐藤 衆介. オーチャードグラス／トールフェスク混播草地における牛ふん堆肥の連年施用が牧草の収量と化学成分に及ぼす影響. 東北畜産学会報, 62: 6–16. 2012.
- 大谷文博, 田鎖直澄. 低カリウム飼料資源を活用した乳牛からのカリウム排泄量の低減化. 畜産の研究, 59: 93–97. 2005.
- Sugimoto Y, Ball PR, Theobald PW. Dynamics of nitrogen in cattle dung on pasture, under different seasonal conditions. 2. Denitrification in relation to nitrate and moisture levels in the surface soil. *J. Jap. Grassl. Sci.*, 38: 167–174. 1992.
- 山口武則, 原田靖生, 築城幹典. 家畜ふん堆肥の製造・利用の現状とその成分的特徴. 農業研究センター報告, 41: 1–178. 2000.
- 吉浦昭二, 北崎佳範. 家畜ふん尿の性質と飼料作物 (畑) への施用について. 大分県農業技術センター研究報告, 7: 49–66. 1977.

Effects of interannual application of cattle manure compost on soil chemical condition in an orchardgrass and tall fescue meadow

Shin-ichiro OGURA, Tetsuro SHISHIDO, Shigefumi TANAKA, Masaki TANNAI and Kenji YUSA

Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Osaki, Miyagi 989-6711 Japan

Corresponding: Shin-ichiro OGURA (Tel & Fax: +81-229-84-7378, E-mail: s-ogura@bios.tohoku.ac.jp)

We assessed the effects of interannual cattle manure compost application to surface of grass meadow on mineral concentrations and their balances in soil, for the three-year period from 2006 through 2008. In 2009, we also assessed residual effect of the compost application. Six plots (200 m × 14 m each) were set in an orchardgrass (*Dactylis glomerata*) and tall fescue (*Festuca arundinacea*) mixed meadow established in 2005, and subjected to the following six treatments (Ogura *et al.*, 2012): 1) no fertilizer; 2) split application of chemical fertilizer; 3) split application of compost (amount equivalent to amount of K₂O in the treatment 2) and chemical fertilizer to address N deficiencies; 4) split application of compost (amount equivalent to amount of N in treatment 2); 5) single application of compost in spring (amount equivalent to annual amount of the compost in treatment 4); and 6) split application of twice the compost in treatment 4. We applied chemical fertilizer in 2009 to all the six plots, as for treatment 2. Four soil samples (0–10 cm in depth) were collected from each treatment and physical characteristics and chemical composition were analyzed after the third cut every year. Although there was no clear effect of compost application on N and available P concentration, large increase of exchangeable K and Mg concentrations, modest increase of exchangeable Ca, and consequently, large increase of Mg/K and Ca/Mg equivalent ratio were observed in 2007–2008 in the three treatments where only compost was applied. The following residual effect in 2009 was not observed in K concentration, but observed in Mg concentration in the three treatments. In contrast, the deterioration of soil mineral condition was rarely observed in the compost application treatment where the amount equivalent to amount of K₂O in conventional treatments was applied, indicating it enables to sustainable forage production with well-balanced minerals, by reusing animal wastes.

Key words: cattle manure compost, interannual application, minerals, soil condition, temperate grass meadow.