

平成24年度

希釈曝気スラリーの長期連用が土壤理化学性に及ぼす影響について

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 資源保全チーム ○町田 美佳
桑原 淳
中山 博敬

北海道の大規模酪農地帯では、かんがい水で希釈した家畜ふん尿を農地に施用する肥培かんがい普及している。家畜ふん尿には、肥料成分だけでなく有機物も含まれているため、牧草地に施用することで土壤理化学性の改善に寄与する。

筆者らは、家畜ふん尿を施用している別海町内の3つの採草用牧草地にて、土壤理化学性などの調査を行った。その結果、地表面から深さ5cmまでの土壤表層の炭素含量は、深さ5cmから10cmの土壤下層と比べて増加していないことが明らかになった。平成25年度から実施する本調査でその要因を明らかにしていく予定である。

キーワード：肥培かんがい、スラリー、土壤理化学性、黒ボク土

1. はじめに

北海道の大規模酪農地帯では、1戸あたりの飼養頭数が増加しており、家畜ふん尿の増大とその処理が課題になっている。一方で、化学肥料および濃厚飼料の価格が高騰しているため、家畜ふん尿に含まれている窒素、リン酸、カリウムなどの肥料成分を有効利用して、良質な自給飼料を生産することが求められている。

筆者らは、家畜ふん尿を草地へ施用した場合の土壤理化学性改善効果を明らかにする研究を行っている。この研究では、管理された試験圃場内に複数の試験区を設け、処理方法の異なる数種の家畜ふん尿を施用している。各試験区では、土壤理化学性の変化および温室効果ガス揮散量を定期的に調査している。有機性肥料による土壤理化学性改善効果の発現には、数年間継続して施用する必要がある。このため、試験圃場での調査を補う目的で、試験圃場周辺で家畜ふん尿を施用している農家圃場を選定し、施用年数の異なる圃場における土壤理化学性を比較することにした。施用している家畜ふん尿は2種類を選定した。1つは、肥培かんがい施設で、希釈曝気等により調整された家畜ふん尿である。本報告では、これを希釈曝気スラリーと表記する。もう1つは、希釈曝気等調整施設を整備する前でラグーン等に貯留している家畜ふん尿である。本報告では、これを施設整備前スラリーと表記する。

この農家圃場での調査は、平成25年度春から開始する。平成24年度は、事前に選定を終えた3つの圃場において予備調査を行った。なお、当研究チームでは、これまでに他地域の農家圃場にて、土壤理化学性を調査している。

Mika Machida, Jun Kuwabara, Hiroyuki Nakayama

本報告では、今回の調査圃場結果と既往調査結果を比較し、予備調査圃場の特徴を明らかにする。また、平成25年度調査の方法および分析項目の検討を行う。

2. 調査概要

(1) 調査圃場

調査圃場の概要を表-1に示す。調査圃場は北海道別海町に位置し、チモシー主体のマメ科混播採草用牧草地である。土壤は黒ボク土である。

施用している家畜ふん尿は、希釈曝気スラリーおよび施設整備前スラリーである。家畜ふん尿施用による土壤理化学性改善効果を明らかにするためには、その施用年数の把握が重要となる。本報告では、直近の草地更新からの経過年数を施用年数とする。なお、圃場2および3は、同一の耕作者により利用されており、施用している施設整備前スラリーは同一である。

(2) 調査項目および方法

a) 肥料成分および施肥量調査

家畜ふん尿の採取は平成24年9月6日に行った。希釈曝気スラリーは、単層式調整施設の貯留槽から採取した。

表-1 調査圃場の概要

圃場番号	利用形態	家畜ふん尿の種類	施用年数
1	採草	希釈曝気スラリー	12年
2	採草	施設整備前スラリー	3年
3	採草	施設整備前スラリー	10年

また、施設整備前スラリーは、ラグーンから採取した。

家畜ふん尿分析項目と方法を表-2に示す。家畜ふん尿および化学肥料の施用量は農家からの聞き取りで把握した。

b) 牧草収量調査

牧草収量調査は、1番草を平成24年6月15日と18日に、2番草を8月13日と14日に行った。牧草の採取は、1圃場あたり3地点を選定して実施した。各地点には、1m×1mの方形枠を設置し、地上から5cmの高さで牧草を刈り取った。刈り取った牧草は、70℃で48時間乾燥後に乾燥重量を測定した。

c) 土壌調査

土壌採取は、2番草刈り取り後の平成24年9月5日に行った。採取地点は、1圃場あたり3地点とした。土壌試料は表層0～5cm（以下、表層1層目と表記）と表層5～10cm（以下、表層2層目と表記）の2層に分けて採取した。土壌試料の採取数は、各地点の各層で攪乱試料1袋と50cc採土管を用いた不攪乱試料を1試料採取した。採取した土壌は実験室に持ち帰り、攪乱試料は風乾後2mmのふるいにかけて、炭素含量と陽イオン交換容量の分析に供した。また、不攪乱試料は、容積重の分析に供した。土壌分析項目と方法を表-3に示す。

(3) 既往調査結果との比較方法

牧草地は一度更新すると、その後、数年間は耕起されない。そのため施用される養分は、草地土壌の表層に集積しやすい¹⁾。したがって、家畜ふん尿の施用による土壌理化学的改善効果を明らかにするためには、土壌表層の性状把握が重要である。そこで筆者らは、表層1層目の分析値から表層2層目の分析値を差し引いた値（以下、層差と表記）を求める方法で検討を行った。層差を求めることで、草地更新作業等による圃場固有の差異を分離し、家畜ふん尿による効果を抽出することができる²⁾。

また、今回の調査では、圃場数が3つと少ない。このため、平成20、22年に浜中町および鹿追町の黒ボク土採草地で実施した、既往調査結果との比較を行って、その特徴を明らかにする。既往調査圃場には、希釈曝気スラリーが施用されていた。

3. 結果および考察

(1) 肥料成分および施肥量

表-4に、家畜ふん尿の分析結果を示す。有機物では、希釈曝気スラリーが施設整備前スラリーより少なかった。全窒素では、希釈曝気スラリーが施設整備前スラリーより多かった。全リンおよびカリウムでは、両家畜ふん尿とも含有量はほぼ同じであった。

表-5に、年間の家畜ふん尿および有機物施用量を示す。年間の家畜ふん尿施用量は、圃場1が圃場2および3より、

Mika Machida, Jun Kuwabara, Hiroyuki Nakayama

表-2 家畜ふん尿分析項目と方法

分析項目	分析方法
有機物	550℃電気炉灼熱
全窒素	ケルダール分解・水蒸気蒸留
全リン(P ₂ O ₅)	比色法(バナドモリブデン法)
カリウム(K ₂ O)	湿式灰化処理・原子吸光法

表-3 土壌分析項目と方法

分析項目	分析方法
炭素	燃焼法
陽イオン交換容量	ショーレンベルガー法・原子吸光定量
容積重	炉乾燥法

表-4 家畜ふん尿の分析結果

分析項目	単位	希釈曝気スラリー	施設整備前スラリー
有機物	% (現物当り)	3.16	4.48
全窒素	% (現物当り)	0.37	0.22
全リン(P ₂ O ₅)	% (現物当り)	0.11	0.08
カリウム(K ₂ O)	% (現物当り)	0.41	0.43

表-5 年間の家畜ふん尿および有機物施用量

	圃場1	圃場2および3
家畜ふん尿施用量	4t/10a	3t/10a
有機物施用量	0.13t/10a	0.13t/10a

表-6 圃場1の施肥量 (kg/10a/年)

圃場1	窒素(N)	リン酸(P ₂ O ₅)	カリウム(K ₂ O)
5月中旬(春)			
家畜ふん尿	2.8	0.8	6.6
化学肥料	4	8	4
1番後			
家畜ふん尿			
化学肥料	2	0.8	2
秋			
家畜ふん尿	2.8	0.8	6.6
化学肥料			
合計	11.6	10.4	19.2

表-7 圃場2および3の施肥量 (kg/10a/年)

圃場2および3	窒素(N)	リン酸(P ₂ O ₅)	カリウム(K ₂ O)
5月中旬(春)			
家畜ふん尿	2.1	0.9	10.2
化学肥料	2.5	5	2.5
1番後			
家畜ふん尿			
化学肥料			
秋			
家畜ふん尿			
化学肥料			
合計	4.6	5.9	12.7

10aあたり1t多かった。年間の有機物施用量はいずれの圃場も10aあたり0.13tで同量となった。これは、表-4に示したとおり、希釈曝気スラリー中の有機物濃度が施設整備前スラリーのそれよりも低かったためである。

表-6に圃場1の施肥量を、表-7に圃場2および3の施肥量を示す。家畜ふん尿中の肥料成分は、すべてが化学肥料と同等に作物に吸収されるわけではない。肥料成分が作物に吸収される割合は、成分ごとに決められており、基準肥効率という³⁾。また、家畜ふん尿の品質と施用時期による補正係数が定められている。表-6および7に示した値は、基準肥効率および補正係数を用いて、化学肥料に換算した値である。

いずれの肥料成分も圃場1が圃場2および3よりも多い結果となり、窒素で2.5倍、リン酸で1.8倍、カリウムで

1.5倍であった。

道東の火山性土における窒素の施肥基準は、圃場のマメ科牧草の混生割合であるマメ科率によって異なり、窒素では4~16kg/10a、リン酸は8~10kg/10aである³⁾。

今回調査した圃場のマメ科率は、調査項目に含めていなかったため不明である。そのため、ここでは施肥基準の中央値である窒素10kg/10a、リン酸9kg/10aと各圃場の施肥量を比較する。なお、カリウムはマメ科率と関係なく18kg/10aである³⁾。圃場1はいずれの成分も施肥基準に近い施肥量であったが、圃場2および3はいずれの成分も3~5割少ない施肥量であった。

(2) 牧草収量

図-1に牧草収量（平成24年）を示す。年間乾物収量は、圃場1では768kg/10a、圃場2では616kg/10a、圃場3では564kg/10aであった。圃場1の乾物収量と比べて、圃場2および3は150~200kg/10a少なかった。多くの場合、牧草収量は草地更新から4~6年目以降、牧草個体の消滅と雑草の進入によって低下していく⁴⁾。

今回の調査では、圃場1の収量が最も多かった。前述のとおり、圃場1の施肥量は、圃場2および3と比較して多いことが明らかとなっており、このことが収量の差に影響したものと考えられる。なお、牧草のイネ科、マメ科の分類や雑草割合を調査しておらず、圃場間の草種の違いは明らかにできなかった。

(3) 土壌分析結果

a) 炭素含量

炭素含量は有機物量の目安となり、炭素含量が多いほど、有機物が多いことを示す。図-2に施用年数と炭素含量層差の関係を示す。既往調査では、施用年数が長期になるにつれて炭素含量層差が有意に増加する傾向を示した。しかし、今年度の調査では、施用年数が長い圃場1および3の値が、既往調査と比較して小さい結果となった。

その要因を明らかにするために、表-8に、土壌中の炭素含量を示す。圃場4は、既往調査の中で最も施用年数が長い圃場である。表層2層目の炭素含量は、圃場1、3および4で大差は見られない。一方、表層1層目では、施用年数が10年以上の圃場1および3の値が、同7年の圃場4の値より小さい。すなわち、圃場1および3の表層1層目への炭素蓄積が顕著でないことが明らかになった。

表層1層目の炭素の蓄積が顕著でない要因としては、①施用した家畜ふん尿の炭素含量が少ない、②炭素源となる植物根および植物体の生長量（枯死量）が少ないことが考えられる。また、③炭素の蓄積が表層1層目だけでなく、表層2層目以下にも及んでいるため、層差では炭素蓄積を明らかにできなかったことが考えられる。

b) 陽イオン交換容量

陽イオン交換容量は、保肥力の指標であり有機物量が

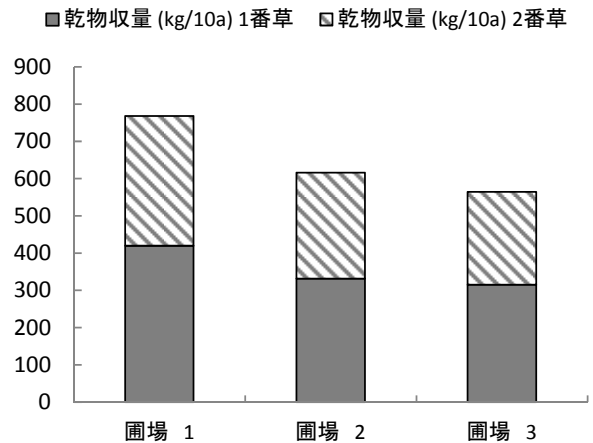


図-1 牧草収量（平成24年）

▲ 希釈曝気スラリー(別海) × 施設整備前スラリー(別海) ◆ 既往調査

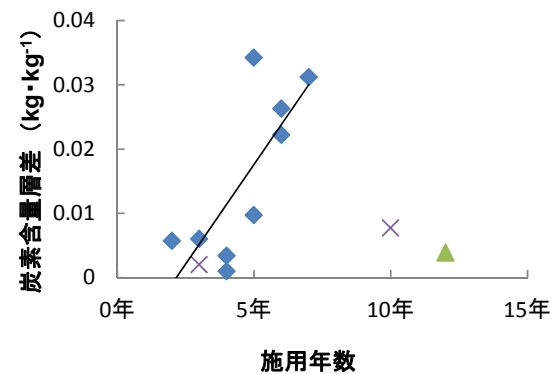


図-2 施用年数と炭素含量層差の関係

表-8 土壌中の炭素含量

圃場番号	施用年数	単位	1層目	2層目
1	12年	kg・kg ⁻¹	0.0674	0.0635
2	3年	kg・kg ⁻¹	0.0606	0.0586
3	10年	kg・kg ⁻¹	0.0741	0.0664
4	7年	kg・kg ⁻¹	0.0975	0.0662

▲ 希釈曝気スラリー(別海) × 施設整備前スラリー(別海) ◆ 既往調査

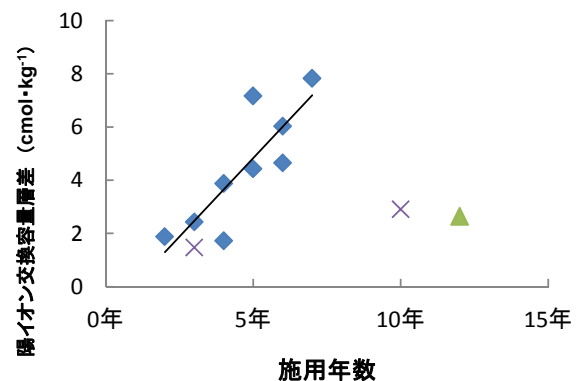


図-3 施用年数と陽イオン交換容量層差の関係

多い土壌で大きい値を示す⁵⁾。図-3に施用年数と陽イオン交換容量層差の関係を示す。

既往調査では、施用年数が長期になるにつれて陽イオン交換容量層差が有意に増加する傾向を示した。しかし、

今年度の調査では、施用年数が10年以上の圃場1および3の陽イオン交換容量は小さい結果となった。

(3)a)で述べたように、圃場4の表層1層目では、炭素蓄積が顕著であることから、有機物が蓄積していると考えられる。一方、圃場1および3の表層1層目での炭素蓄積は顕著でないことから、有機物の蓄積が進んでおらず、陽イオン交換容量層差に影響したものと考えられる。

c) 容積重

容積重は値が小さいほど、土壌が膨軟化していることを示す。図-4に施用年数と容積重層差の関係を示す。

既往調査では、施用年数が長期になるにつれて容積重層差が有意に減少した。また、今年度の調査結果も、施用年数が長期になると、容積重層差が減少する傾向を示した。しかし、同じ施用年数で比較すると、今年度調査の層差は、既往調査の層差より値が大きい。これは、今年度の調査圃場では、既往調査圃場と比較して、土壌の膨軟化が進んでいないことを意味している。

容積重は、土壌団粒構造の形成による孔隙の増加で減少する。土壌中の有機物は土粒子と土粒子を結合させ、土壌団粒構造を形成するための接着剤として働く³⁾。前述のとおり、既往調査の圃場4では、表層1層目の有機物の蓄積が認められているが、圃場1および3では有機物の蓄積が明らかでなかった。このことが、容積重層差の違いに影響したものと考えられる。

4. 今後の本調査に向けた検討

(3)a)で示したとおり、別海町の圃場では、表層1層目での炭素蓄積が顕著でないことが明らかになった。

この要因を探るために、これまで行ってきた表層1層目と表層2層目から土壌を採取する方法に加えて、新たな調査方法を検討した。

1つ目として、圃場へ施用する家畜ふん尿中の炭素含量を明らかにする必要がある。そこで、今後の調査では、施用時期の家畜ふん尿を採取し、炭素含量を分析する。ただし、過去に施用された炭素量を明らかにすることができないため、複数年の家畜ふん尿中の炭素含量を調査し、その変動幅を確認して長期施用された炭素量を推定する。

2つ目は、牧草の収量調査内容を充実させる。具体的には、牧草のイネ科、マメ科、雑草を分類する。また、牧草根がどの深さまで伸長しているかを調査する。

3つ目は、地表面から10cm以深の土壌をいくつかの層に分けて採取し、炭素含量を分析する。

これらの調査内容を新たに加えて、来年度の調査を実施する。

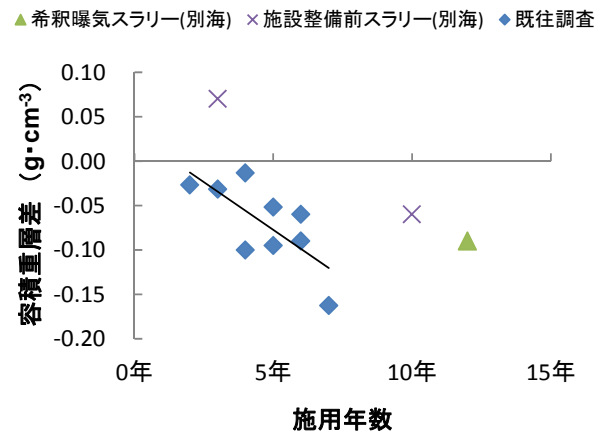


図-4 施用年数と容積重層差の関係

5. おわりに

本報告では、別海町の採草牧草地3圃場について予備調査を行い、土壌理化学性の特徴を考察した。その結果、今回調査した3圃場では、表層2層目と比較して、表層1層目への炭素蓄積が進んでいないことが明らかとなった。その要因を解明するために、平成25年度調査では、

- 1) 家畜ふん尿中の炭素含量調査
- 2) 収量調査時の草種分類と根の伸長深さの確認
- 3) 地表面から10cm以深の土壌調査

を実施する。

謝辞：本調査を実施するにあたり、圃場選定に協力して下さった釧路開発建設部根室農業事務所およびJA道東あさひの関係各位、調査圃場を提供して下さいました農家各位に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 松中照夫(2003)：土壌学の基礎, 社団法人農山漁村文化協会, p. 68, 83-86, 284-288.
- 2) 横濱充宏, 今井啓(2007)：肥培かんがいと土壌の理化学性におよぼす影響の評価, 寒地土木研究所月報 No. 655, 21-32.
- 3) 北海道農政部(2010)：北海道施肥ガイド 2010, p. 196, 208-211.
- 4) 日本土壌肥料学会北海道支部編(1987)：北海道農業と土壌肥料 1987, 財団法人北農会, 396-412.
- 5) 藤原俊六郎, 安西哲郎, 小川吉雄, 加藤哲郎(1998)：新版土壌肥料用語辞典, 社団法人農山漁村文化協会, p. 74, p. 170.