

一 自給飼料と酪農と環境と その2 一

はじめに

「土・草・牛」の3文字から良い循環をイメージしますが、悪い循環も起こります。良い循環とは、子牛が生まれ、産乳の他に、副産物としての糞尿が次の生産に貢献する場合です。悪い循環の要因の1つとして糞尿の利用ミスが考えられます。これは牛のせいではなく、牛と土をつなぐ人為的な問題です。家畜糞尿を草地表面に大量施用するのと、作土にすき込むのでは、同じ量であっても作物の葉の色や生育は違います。過剰施用を防ぐためには、土地の所有形態を問わず、施用面積と家畜頭数のバランスを保たなければなりません。バランスを保つため、土の“健康診断”も必要です。そこで今号では、糞尿施用が問題となる場面、糞尿施用を必要としている場面の具体例について記述させていただきます。

1. 「土・草・牛」の原動力

牛は産乳量の約3倍の糞尿を排出します(図1)。これが「土・草・牛」をつなぐ原動力となりますが、使い方によってはマイナスをもたらします。

写真1は、スラリーの層で覆われた草地表面です。スラリーの施用量が多すぎるとマメ科牧草は消え、牧草の茎や葉に付着した汚れなどにより、サイレージ発酵品質が不安定化することがあります。

図2は、青刈り牧草中のK含量と当量比(K/



写真1 スラリーの層で覆われた採草地
(シバムギ主体、倒伏しやすく、サイレージ発酵品質が不安定)

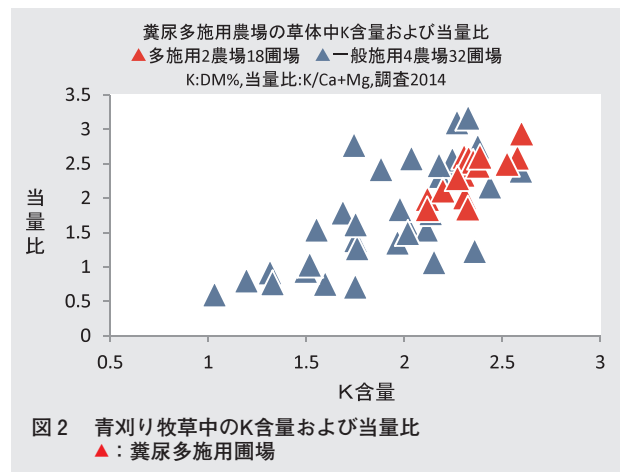


図2 青刈り牧草中のK含量および当量比
▲: 糞尿多施用圃場

Ca+Mg)の散布図です。同じ地域の6農場の中で、堆肥またはスラリーの施用量が多い2農場の牧草(▲マーカー)は、カリ(K)含量、当量比が高い位置にあります。Kが高くカルシウム(Ca)が低い牧草は、糞尿の過剰施用や施肥要素の偏りによって助長されます。

陽イオン(ここではNa、K)が高い粗飼料給与で

表1 イオンバランスに関する研究情報

「分娩前の給与粗飼料成分と起立不能症発症率について調査したところ、推定DCAD $(\{[Na^+] + [K^+]\} - \{[Cl^-] + [S^{2-}]\})$ が高い粗飼料、とくに+250mEq(ミリ当量)/乾物kg以上の粗飼料を給与していた農場で起立不能症発症率が高い傾向にあった」

出典: 陰イオン塩給与による乳牛の低カルシウム血症の予防(畜試2003)



図1 牛乳1kg生産に概ね3kgの糞尿が排出される
(乳量20kg、糞45kg、尿15kgの搾乳牛)

起立不能症の発症率が高い傾向があると報告されています（表1）。牧草のイオンバランス（DCAD）が崩れる要因としては、糞尿の過剰施用、同じ肥料銘柄を連用、草地の老朽化などがあげられます。改善策としては草地の更新サイクルを少し早め、糞尿を作土に混和して分解促進、土壌診断により養分バランスを整え、土と草の関係を良い状態にします。

土地利用型酪農において、乳牛1頭当たりの飼料畑面積がどれだけ確保されるべきかについては、環境保全と粗飼料の自給という視点で語られてきました。多くの研究者が妥当とするところは概ね30～50aの範囲です。EU諸国では、家畜糞尿による農地への窒素還元量について規制が設けられており、飼料畑1ha当たりの乳牛飼養頭数は、北欧では1.6頭、ドイツでは2.0頭などの制限があります。北海道では飼料畑を上回る耕種作物が栽培されていますので、耕畜連携によって牛糞尿施用面積拡大の可能性が大きいと考えられます。

2. 堆肥と追肥を組み合わせる効果

牛糞尿（以下、堆肥）は効きだすのに時間がかかるため、条件により追肥の組み合わせが効果的です。

表2はトウモロコシの慣行施肥（発芽期）を100とした葉期別の追肥効果です。数値は品種、雌穂と茎葉により差が見られますが、全体的には慣行施肥に対し追肥効果が現れています（畜試2009年）。

図3は、十勝沿海と山麓地域で実施した追肥・分施の試験成績です。沿海で追肥、山麓で分施による効果が確認できました。その後、十勝農協連が実施した多数の現地事例調査において追肥・分施の効果が確認されています。同時にバラツキがあったことも報告されています。バラツキの要因として、①除草剤処理の問題、②前作の牧草根茎や堆肥の塊が水分供給や根張りを妨げた、③土壌の窒素レベルが高かった、などが考えられます。これらは、追肥とは

表2 トウモロコシの慣行施肥に対する追肥効果				
項目	雌穂 乾物収量比		茎葉 乾物収量比	
	クウィス	チベリウス	クウィス	チベリウス
発芽期	100	100	100	100
4 葉期	106	101	112	105
7 葉期	109	99	111	101
10葉期	105	100	105	91
畜試2009年 3 反復 秋堆肥：3 t/10a 栽植密度：8,960本/10a 基肥：8-20-4 kg/10a 追肥：6-0-0 kg/10a 発芽：6/5 4 葉：6/26 7 葉：7/14 10 葉：7/28 クウィス：RM73 チベリウス：RM85				

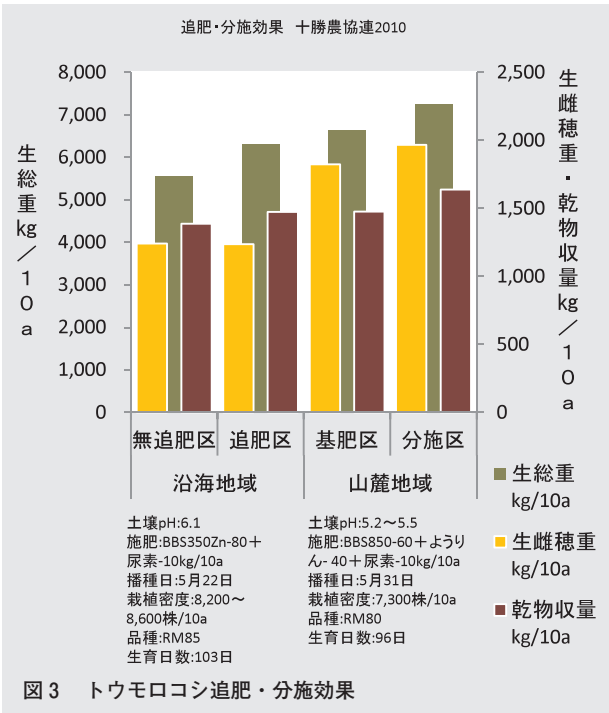


図3 トウモロコシ追肥・分施効果

別の問題として改善しなければなりません。

一方、土壌養分不足、根張り不足など何らかの問題を補う形で追肥・分施効果が現れたと思われるケースも見られます。以上のことから、追肥・分施本来の効果を引き出すためには、前作のルートマットや堆肥の扱い、除草剤処理を的確に行うといった基本的なところに辿り着きます。

ブロードキャスターで予定量の追肥を実施するのは思いのほか難しいものです。特に尿素は窒素質成分が高く、硫酸に比べ施用量が少ないため、少量施肥の難しさがあります。写真2、3は、枠内の尿素的粒を数えて施肥量を確認しているところです。表3は、尿素粒重から10a当たり施肥量の推定例です。写真4は硫酸による肥料やけ症状です。肥料やけを防ぐためには、株下・畦間に施用できる作業機が必要です。



写真2 20×20cm枠を用いた尿素粒数調査



写真3 地面の尿素粒

表3 地面の肥料粒数から追肥量を推定する例

尿素粒数	尿素 kg /10a
1	2.7
4	10.7
5	13.4
6	16.1
8	21.4
10	26.8
15	40.2

ブロードキャスターによる散布
10cm×10cmの尿素粒数
尿素100粒重が2,680mgの事例

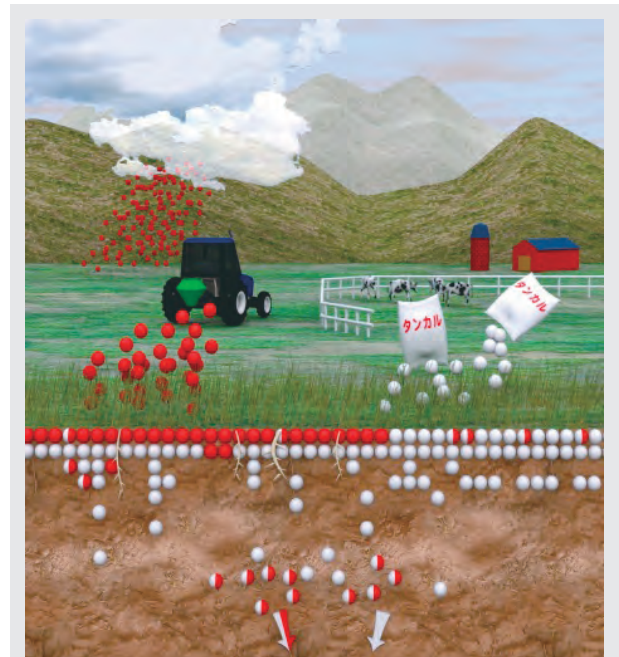
以上、追肥の効果に関して述べましたが、酪農場では、購入飼料に付随する窒素、りん酸、カリが少なくありません。スラリーや堆肥を連用している圃場では窒素が豊富で、追肥により倒伏しやすくなることも考えられますので、土壌診断結果やこれまでの生育状況を検討した上での追肥が必要です。



写真4 硫酸追肥による肥料やけ痕

3. 堆肥と石灰のコラボ

図4は、施肥による酸性化のしくみです。草地では牧草収穫や施肥に伴う土壌の酸性化が避けられません。硫酸はアンモニウムイオンと硫酸イオンが結びついたもので、アンモニウムイオンが作物に吸収されたあと硫酸イオンが残り、これが石灰などと結びついて流れ去るため土壌を酸性化します。塩安、硫加、塩加なども同じしくみで、化学肥料の多くは土を酸性化する作用をもっています。雨により塩基類が流亡し、その空席に入り込む水素イオンが酸性のもとになります。化学肥料は繰り返し施用するので、石灰も数年ごとに必要です。一方、有機物が微生物によって分解される過程で有機酸や炭酸ガスが



施肥による酸性化

作物の生育において施肥は必要不可欠なことです。肥料に含まれる硫酸や塩などの副成分が、カルシウムと結合し雨水と共に流失しやすい状態を作ります。

その他要因による酸性化

有機物が分解する過程で、有機酸が生成集積し土壌が酸性化します。微生物の増殖によって炭酸ガスが発生し、土壌中の水に溶けて酸性化します。

図4 土壌はなぜ酸性化するか
図は北海道炭酸カルシウム工業組合より

生じ、これも土壌を一時的に酸性化します。

カルシウム（石灰）は、植物組織の構造、細胞内容物のコロイド状態の維持、蛋白質の合成、有機酸の中和などに必要な成分です。植物体乾物中のカルシウム含有率は、イネ科牧草では0.5%前後、マメ科牧草では2%前後といわれています。土壌中の石灰が減少すると土壌は酸性化します。その結果、アルミニウム、鉄、マンガンなどが活性化して過剰となり、牧草の生育が阻害されるほか、りん酸の不溶化によるりん酸欠乏や、マメ科牧草に共生する根粒菌の活性低下を招くなど、草地の生産性を低下させます。雨が多い我が国では石灰は土壌から流亡するほか、牧草に吸収され持ち出されることから、不足分を補充する必要があります。草地の石灰質資材の補充量は、10a当たり概ね30～40kg/年、これを2～3年分まとめたの施用するのが实际的です（表4）。更新時に作土全体を適正pHに改良（写真5）しておき、3年目辺りで土壌pHを確認、定期的に

表4 石灰施用に関する試験成績

草地の経年変化に伴う土壤酸性化と石灰施用 天北農試1983（昭和58年）

草地土壤の酸性化の実態とそこに起こる問題点を明らかにするために、3種類の窒素肥料を用いた施用量試験を8年間実施した。その結果、草地土壤は経年的に土壤表層からしだいに酸性化し、これに伴って牧草収量は低下した。この土壤酸性化の主な原因は、毎年繰返し表面施用される肥料に必然的に随伴するアニオン（硫酸イオン（ SO_4^{2-} ）や塩素イオン（ Cl^- ）など）のように負の荷電をもつ物質）の作用により、土壤から石灰が流亡することにあった。この土壤酸性化の対策としては石灰質資材の表面施用が有効であるが、酸性化が著しく進行した草地に石灰を多量に施用しても表面2 cm以下の土層には酸度矯正効果がほとんど及ばず、ごく表層（0～2 cm）からの牧草のりん酸・石灰吸収量は著しく増大し牧草収量は高まるものの、生産性の十分な回復には至らない。したがって、草地の酸度矯正は土壤酸性化が表層に留まっている段階で早めに行うべきであると考えられ、酸性化の最大要因である施肥に随伴するアニオン相当量の石灰を毎年施用する効果を試験した結果、0～2 cm土層の土壤pHは経年的に適正な値で推移し、牧草収量を高く維持することが出来た。なお、実際には0～5 cm土層のpHが5.5に達する以前、マメ科牧草維持のためにはpH6.0を下回った時点で石灰資材を施用すべきであり、この技術は収量の維持ばかりでなく草地利用年限の延長にも有効である。

根釧地方における火山性土草地の土壤酸性化と石灰施用法 根釧農試1974～1985（昭和49～60年）

草地の維持段階では、マメ科牧草の維持のため0～5 cm層のpHを5.5以下に低下させないようにする。追肥の時期は早春施肥の10日ぐらい前か、秋が望ましい。炭カル追肥量は未熟火山性土では1年に30kg/10a、黒色火山性土では40kg/10a必要。厚層黒色火山性土では造成時にpH6.5まで改善しておくと追肥の必要性は少ない。



写真5 更新時に作土層全体のpH改良を実施
2017.09.11

補充するのがよいでしょう。

堆肥と石灰は、作物に直接栄養を届ける働きもしていますが、最も重要な働きは土壤pH、保水性、保肥力など作物の生育環境を良くする働きです。よく働き、長持ちしている草地の土壤診断結果に、堆肥と石灰の協調の姿を見ることができます。

4. 堆肥混和による作土層改良

写真6は、土壤断面調査の様子です。掘り出した土砂を写真のように分けて置くと、土壤の量的関係が目視できます。この草地は作土層の下に石礫層があり、排水性が良いところが長所です。そのため牧草根は石礫層にも達しています（写真7、8）。

しかし、作土層は浅くて硬く、pH・塩基飽和度・保肥力が低いという課題があります。この草地が属



写真6 土壤断面調査の様子
掘り出す土砂を分けて置くと（手前が表土・根圏層、左が作土層の山、右が下層土・円礫層の山）、3つの山の様子、量的関係などがわかりやすく、調査後、試坑を復元しやすい 撮影2017.09.11

する土壤統の改良対策として、作土があまり深くない、有機物含量が少ないことなどから、堆肥や緑肥など有機物を施用しながら徐々に改良すべきことが記されています（地力保全基本調査成績書）。

図5は、土壤微生物が未分解有機物の団粒化過程で働いていることを示しています。通気性が良いと根が伸びやすく、保水性が良いと根から水と養分が得やすくなります。団粒化のためには土壤中の小動物や微生物の活動が必要といわれています。ミミズの活動は有機物と土壌粒子の混合物をつくり、土の団粒化を促進します。また、堆肥の腐植質が土の粒子

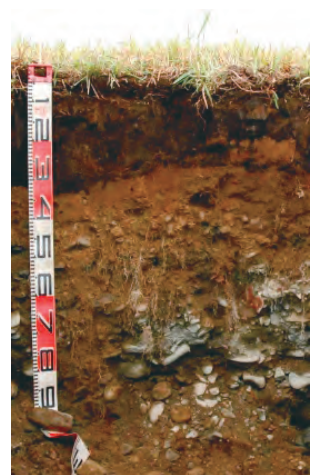
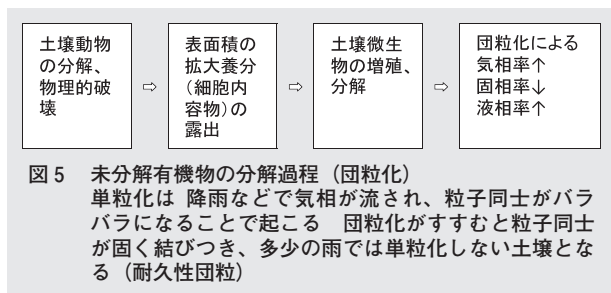


写真7 石礫層の上に浅い作土層から成る草地の土壤断面
撮影2017.09.11



写真8 円礫層に深く伸びている牧草根（牧草の根は石礫層を嫌っていない）
撮影2017.09.11



をくっつける糊のような役目をはたし、土壌の団粒化に貢献します。土が団粒化すると粒と粒の間に隙間ができて、通気性、水はけ、水持ちが良くなり土が柔らかくなります。

一方、作物が養分を利用する際にも微生物が働いています。土壌中の微細な粒子はマイナスの電気を帯びて、周りにカリウムやマグネシウムなどプラスイオンを引き寄せています。植物は養分がほしいとき、プラスの無機栄養を感知し、土壌水中のプラスイオンは土壌粒子がもっている養分と交換され、植物根の表皮細胞を通して取り込まれます。根の周りにはたくさんの微生物が棲んでいて根の働きを助けています。微生物が棲む環境条件の1つが酸素、pHです。施用した堆肥は土壌動物によって分解され、微生物が分解しやすい形になり、微生物の栄養源となります。

堆肥・スラリーの過剰施用は避けなければなりません。一方、堆肥、石灰の働きを求めている草地・

飼料畑も多いので、偏りのない土づくりを意識する必要があります。

むすび

「土・草・牛」の文字の裏に糞尿があり、これを活用する人の働きがあって良い流れが成立します。北海道では有畜化を掲げ、度重なる冷害凶作を克服してきた歴史があります。これは家畜という収入源と、家畜糞尿による土地改良効果を期待したものです。今後、経営の大型化にともない、経営者の目が草地や飼料畑の隅々にまで届きにくくなるかもしれません。「土・草・牛」の循環のメリットを発揮するためには、糞尿の適正な利用をサポートする人の存在が重要になっていくでしょう。酪農は自前で土・草・牛の流れを良くできるしくみを持っており、与えられたこの力にもっと自信を持つべきではないでしょうか。

参考文献

- 草地の経年変化に伴う土壌酸性化と石灰施用 天北農試1983
 根釧地方における火山性土草地の土壌酸性化と石灰施用法 根釧農試1974～1985年
 「フィールドノート自給飼料」高木正季著 デーリイマン社2017
 出典の記載なき写真および図表は著者撮影・作成



放牧風景 宗谷1994



丘陵の放牧風景 宗谷1993