

乳牛ふん尿メタン発酵消化液の草地への効果的施用法

北海道立根釧農業試験場 主任研究員 三枝俊哉

1. はじめに

家畜ふん尿のメタン発酵処理は、再生可能エネルギーを産出するふん尿処理法として注目され、北海道でも2000年以降、乳牛ふん尿を主体としたメタン発酵処理施設の建設が進んでいる。

メタン発酵処理施設では、発酵後のふん尿処理物であるメタン発酵消化液（以下、消化液）が生成される。消化液は、原料のスラリーよりもアンモニウム態窒素含量が高まるなど、有機質肥料としての高い有効性を示すことが知られている。広大な草地を保有する北海道の酪農地帯にメタン発酵処理施設を導入する際には、消化液を適切に草地に還元し、利用することが不可欠である。そのためには、消化液の肥効を正確に把握する必要がある。

そこで、本稿では、北海道の代表的な草種であるチモシーを基幹とする採草地を対象とし、乳牛ふん尿を主原料とする消化液の肥効評価法と効果的な施用法について紹介する。

2. 北海道におけるスラリーの肥効評価法

消化液の肥効評価法について述べる前に、消化液の原料である乳牛スラリー（以下、スラリー）の肥効評価法について、北海道で推奨されている方法を紹介する。消化液の肥効は、以下に述べるスラリーの肥効評価法を基本とし、消化液の化学的特性をふまえて評価される。

スラリーの養分含量は、乳牛の飼養体系やふん尿の管理体系等の条件によって、酪農家ごとに大きく異なる。そこで、事前に分析を行って養分含量を測定し、この値に肥効率と呼ばれる係数を乗じて化学肥料に換算する。

表1. スラリーの基準肥効率
(kg kg⁻¹)

窒素	リン酸	カリウム
0.4	0.4	0.8

表1は、スラリーの基準肥効率である。スラリーの養分含量にこの係数を乗じることにより、化学肥料に換算する。たとえば、現物1tにカリウムが5kg含まれるスラリーの場合、表1のカリウムの値0.8を掛け算し、 $5\text{ kg} \times 0.8\text{ kg kg}^{-1} = 4\text{ kg}$ の値を得る。この時、このスラリー1tは化学肥料のカリウム4kg分に相当すると評価される。リン酸の肥効も同様に評価されるが、窒素については、スラリーの品質と施用時期によって肥効が異なるため、基準肥効率に対し、さらに、補正係数を乗じる仕組みになっている（表2、3）。

表2. スラリー品質の違いによる窒素の補正係数

区分	乾物当たり アンモニウム態窒素 g kg ⁻¹	補正係数
肥効大	35 ~	1.2
中	15 ~ 35	1.0
小	~ 15	0.8

表3. 施用時期の違いによる窒素の補正係数

施用時期	補正係数
9月上旬~10月下旬	0.8
4月~5月上旬	1.0
5月中旬	0.8
1番草収穫後	0.9

表2のように、スラリーの品質は乾物当たりのアンモニウム態窒素含量で評価される。アンモニウム態窒素の多いスラリーの肥効は、高く見積もられる。また、表3の施用時期では、早春の雪解けまたは土壤凍結の融解直後に相当する4月~5月上旬の施用が最も効果的であり、前年秋と当年の5月中旬では、2割ほど肥効が低下する。チモシーを基幹とする採草地で5月の窒素吸収量が不十分な場合、1番草で穂を出す茎の数が十分に確保されず、穂を持たない軽い茎の数が相対的に増えるので、乾物収量が低下する。秋施用の場合、養分吸収は翌春の萌芽直後から可能となるが、越冬前後の流亡等で窒素が失われるので、5月の窒素吸収量が抑制される。また、5月中旬の施用では、6月以降

に吸収される窒素の割合が相対的に高まり、やはり5月の窒素吸収量が抑制されることになる。このため、本来は、4月～5月上旬にスラリーを施用したいところであるが、慣行のスラリー散布機は重いので、融雪や融凍直後の地盤のゆるい時期には牽引できない。このように、現在の機械体系では、早春のスラリー施用が5月中旬以降になりやすいので、前年の秋施用とほぼ同等の施用効果を得ることが多い。

3. 消化液の肥効評価法

消化液の基準肥効率を表4に示す。全窒素に占めるアンモニウム態窒素の割合が半分に満たない場合、その消化液の基準肥効率はスラリーの評価法(表1)に従う(表4脚注2)。この時、窒素については、表2を参照し、アンモニウム態窒素含量を指標とする補正を確実に行う。これに対し、全窒素に占めるアンモニウム態窒素の割合が半分以上の場合には、表2の品質による補正は行わず、含まれるアンモニウム態窒素の全量を化学肥料の窒素と当価と見なす基準肥効率(表4脚注3)を採用する方が正確である。なお、いずれの場合にも、施用時期の違いによる窒素肥効の補正はスラリーと同様に行う。

表4. 消化液の基準肥効率¹⁾

(kg kg ⁻¹)			
窒素		リン酸	カリウム
全窒素 ²⁾	アンモニウム態窒素 ³⁾		
0.4	1.0	0.4	0.8

- 1) 肥効評価は消化液を施用する番草のみを対象とする。
- 2) アンモニウム態窒素含量/全窒素含量 < 0.5の消化液に適合性が高い。スラリーの補正係数を用いて品質と施用時期により補正する。
- 3) アンモニウム態窒素含量/全窒素含量 ≥ 0.5の消化液に適合性が高い。スラリーの補正係数で施用時期についてのみ補正する。

表4のように、消化液の肥効評価にスラリーの肥効評価法がおおむね適用できたことは、消化液の原料がスラリーであることを考えれば理解しやすい。さらに、消化液の場合には、アンモニウム態窒素含量が一般的なスラリーよりも高いことが多いので、そのような場合に適合性の高い評価法として、アンモニウム態窒素を直接評価する基準肥効率が追加されている。

このように、消化液では、全窒素に占めるアンモニウム態窒素の割合が一般的に高いので、その肥効は、スラリーよりも速効的になることが多い。図1では、前年秋または当年春に施用した消化液の1番草と2番草に対する窒素の肥効を、スラリーや堆肥などと比較した。堆肥、スラリー、尿液肥(尿溜の尿)、消化液を

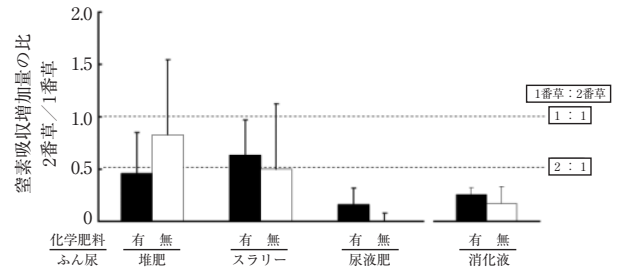


図1. 異なる有機物施用時の1番草と2番草における窒素吸収増加の割合
 堆肥、スラリー、尿液肥：根釧農試、天北農試、畜試、2000～2003年平均、
 消化液：根釧農試2003～2004年平均
 化学肥料 有：施肥標準の半量を化学肥料で施肥
 1：標準偏差
 いずれも前年秋または早春に27～66t/ha全量施用

施用すると、いずれも年間の窒素吸収量が増加する。それらを1番草における増加量と2番草における増加量に分け、両者の比を縦軸に示した。1番草と2番草で窒素吸収量が同じ量だけ増加すると、この値は1となる。0.5では、1番草と2番草で2:1の割合で窒素吸収量が増加したことになる。結果を見ると、堆肥とスラリーの肥効は、1番草と2番草に2対1の割合で発現し、尿液肥の肥効は、ほとんど1番草でしか確認できなかった。これに対し、消化液は、スラリーと尿液肥の中間的な性質を示し、その肥効は1番草と2番草に5対1程度の割合で発現した。このことから、消化液を前年秋や早春に施用した場合、2番草までの持続効果はかなり小さく、実用上、消化液の肥効評価に基づく化学肥料施肥量の調節は、1番草までを対象とすれば良いと判定した。この知見に基づき、消化液の施用に伴う施肥対応は、消化液を施用する番草のみを対象とすることが推奨されている。

4. 消化液の効果的分施肥法

これまで、消化液を前年秋または当年の早春に年1回施用した場合の肥効について述べてきた。一方、スラリーでは、前年秋と早春に分施することによって、肥効の高まることがすでに知られている。そこで、図2では、消化液における前年秋と早春の分施肥効果を検討した。年間40t ha⁻¹程度の消化液施用量では、前年秋と当年春の等量分施肥区で最も高い収量が得られた。施用量が前年秋に偏ると、越冬前後の養分損失量が多くなり、早春に偏ると吸収の遅れる養分量が多くなるものと思われる。このため、秋春均等分施肥が、越冬前後における窒素の損失を少なくし、高収を維持する効果的な施用方法と結論された。厳密には、前述した肥効率や施用時期の補正係数など

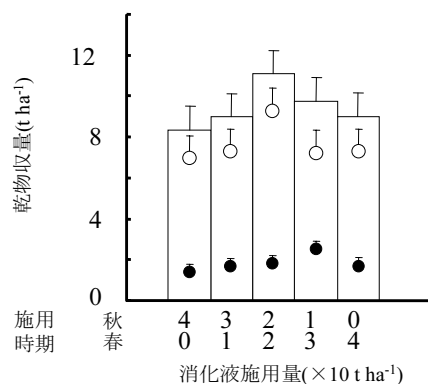


図2. 消化液の施用配分がチモシー単播草地の乾物収量に及ぼす影響 (2003年)

○, 1番草; ●, 2番草; □, 年間合計; I, LSD(P<0.05)
 施用時期: 秋は前年10月、春は当年5月中旬

について、秋春分施の場合の係数を設けることが可能もあるが、施肥設計の論理を簡素にするため、係数の設定は行われていない。

5. 化学肥料との併用方法

最後に、実際に消化液を用いて施肥設計を行う方法について説明する。これは消化液だけでなく、堆肥、スラリー、尿液肥など酪農家の有機物管理に共通して推奨されている北海道の考え方である。

まず、北海道施肥標準と土壌診断の情報に基づいて、各草地に必要な窒素、リン酸、カリウムの施肥量を把握する。こうして得られた必要施肥量の内、どれくらいを消化液で賄うかを定める。前述した方法によって消化液の肥効を正確に評価した上で、窒素、リン酸、カリウムのいずれの養分も、必要な施肥量を越えないように、消化液の施用量を設定する。図3の例では、必要なリン酸量を消化液で施用しようとするとして8t、カリウムでは5tの施用量が算出されるが、3t以上の消化液を施用すると窒素が必要以上に投入されることになる。この場合、この草地への消化液施用量は3t以内とし、不足する養分は購入肥料で補填する。また、上限量の3tをこの草地に施用したとしても、リン酸とカリウムは足りなくなるので、購入

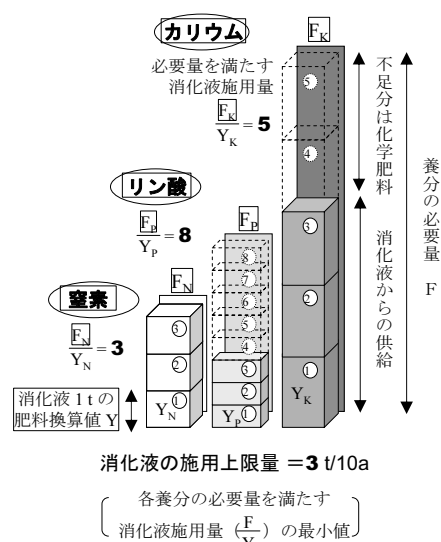


図3. 消化液を用いた施肥設計の考え方

肥料の併用が必要である。このように、消化液の肥効を正確に評価し、不必要な養分を施用しないことが、余剰な養分が環境汚染の原因になることを防ぎ、高品質な自給飼料を生産する施肥設計の基本である。

6. まとめ

以上のことから、消化液の施用法は次のようにまとめられる。

事前に消化液の養分含量を分析、定量した上で、スラリーと同じ基準肥効率と補正係数を用いて化学肥料に換算する。ただし、全窒素に占めるアンモニウム態窒素の割合が50%以上の消化液では、アンモニウム態窒素含量に1.0を乗じて窒素肥料に換算する方が正確である。消化液の施用量は、窒素、リン酸、カリウムのいずれの養分も、草地に必要な養分量を超過しないように設定し、不足する養分は購入肥料で補填する。その計算は、消化液を施用する番草のみを対象とする。また、年間40t ha⁻¹程度の消化液施用量では、前年秋と当年春の等量分施が、高収を確保する効果的な施用法である。