

第4章 家畜ふん尿の利用

135 環境保全を重視した、いわゆる資源循環型酪農を構築するには、ふん尿を貴重な肥料資源であると認識した上で、草地等の農地へ施用する必要がある。そこで本章では、ふん尿を適正に利用するための不可欠な基礎的事項、すなわちふん尿の肥料資源としての特性や施肥に係わる養分管理の基準値、さらに具体的な施肥設計の手順と施用時期などを中心に述べる。

1) 利用に際しての基本的な考え方

(1)ふん尿の肥料資源としての特性 (資源量)

136 日本で発生する家畜ふん尿中に含まれる窒素、リン酸、カリの各成分量、すなわちふん尿の肥料としての資源量は、それぞれの化学肥料の使用成分量に匹敵する。そのうち、肥料資源や環境問題として重要な窒素の発生量について北海道の例（1996年度）を挙げると、ふん尿からは1年間で約11万tの窒素が発生し、これは化学肥料の窒素使用量である約10万tを上回る凄まじい量である。このことは、ふん尿を上手に処理し利用すれば肥料資源として膨大な価値があり、貴重なふん尿を無駄にすることは得策ではないことを示している。

(各種の改善効果)

137 もともとふん尿処理物は、堆肥に代表されるように、土づくりに重要な有機質資材で古くから理化学性改善など色々な効果（表4-1）が述べられ、肥料および土壌改良材として長い間重宝されてきた。このようにふん尿を大切な有機質の肥料資源として有効に処理・活用することは、土づくり（地力の維持増進）や良質で安全な飼料作物生産へと結びつき、さらには肥料費の節減も期待される。

表4-1 堆肥の改善効果

改善効果	内 容
化学性	分解して肥料養分を放出し作物へ供給。分解に伴い生成する有機化合物の生理活性作用。
物理性	団粒を作るなどして、排水性や保水性の向上。
生物性	微生物等の餌となり、土の生物性を活性化。

(養分含量と肥効)

138 ふん尿やその処理物の肥料養分含量は、家畜の種類・年齢・栄養状態、飼料、処理・貯留法で異なる。表4-2は、北海道における乳牛のふん尿処理物である堆肥、スラリー、尿などに含まれる窒素、リン酸、カリなどの肥料養分含量の代表的な値を示した。ただし、これらの養分が、すべて作物に利用されるわけではない。

139 堆肥中の窒素・リン酸は、飼料作物に利用される割合が低く、緩効的である。その反面、肥効の持続する堆肥には、土壌改良資材としての効果が期待できる。このような堆肥の特性は、難分解性の有機物が多く含まれていることによる。

140 これに対して有機物含量の少ない尿は、無機態の窒素とカリを主体とする速効的な液肥とみなせ、その肥料的効果は化学肥料と同等である。スラリーは、堆肥と尿の中間的性質である。

表4-2 ふん尿処理物の平均的な肥料養分含有率(現物中％、松本、1999)

種類	全窒素 (T-N)	リン酸 (P ₂ O ₅)	カリ (K ₂ O)
堆 肥	0.57	0.39	0.51
スラリー	0.36	0.16	0.38
尿	0.37	0.03	0.62

スラリー、尿には、貯留中に雨水や雑排水等が混入している。

(肥料的価値)

- 141 前述の堆肥、スラリー、尿の養分含量とその作物への利用率を考慮して、これらの肥料的価値が多くの作物で評価されている。
- 142 例えば、北海道では牧草に利用する場合、これらの平均的な肥料価値を現物1t当たりの減肥可能量として次節の表4-5、6のように評価している。このほかにも簡単な分析で減肥可能量を正確に求める方法を提案している。これらの手順については、後述する2) ふん尿資源の使い方と詳しく解説されている。

(利用上の留意点)

- 143 堆肥、スラリー、尿は、その肥効上の特徴を踏まえて、上手に利用する必要がある。後述するような環境、牧草、乳牛への悪影響を避けるには、施用上限量を順守しなければならない。草地に限ると、更新時では有機物の多い堆肥の利用が、土づくりに関連する様々な効果が期待できるので有効である。一般に経年草地では、緩効的な堆肥やスラリーは萌芽期以降の早春施用や最終刈取り後の秋施用が、速効性の尿は早春や刈取り後の施用が効果的である。ただし、尿の場合は、供給が見込めないリン酸の補給に十分注意する。また、原尿を直接施用すると、牧草に濃度障害が起きる恐れがあるので数倍に希釈して用いる。同じ理由で、高温、乾燥期の尿施用を避ける。

(2)施肥に係わる養分管理の基準値（施肥標準と土壌診断）

(施肥標準)

- 144 牧草に限らずどんな作物でも、目標収量を確保するのに必要な養分量は、何らかの形で過不足なく供給されなければならない。この量が養分管理の基準値、いわゆる施肥標準である。この施肥標準量は、「北海道施肥ガイド（北海道農政部）」に中庸な土壌養分条件において目標収量を確保するのに必要な窒素・リン酸・カリ養分の供給量として、作物別に記載されている。牧草では10a当たり生草で年間4～5.5t確保するための養分量が、効率的な年間の施肥配分と施用時期とを併記して、地帯・土壌・植生別に整理して明示されている（表4-3）。

- 145 一般に、どんな施肥法でも施肥標準量を養分供給の上限値とすることが多い。この施肥標準量の養分は、化学肥料単独で与えても構わない。しかし、ふん尿の有効利用を推進する視点からは、化学肥料とふん尿処理物（堆肥、スラリー、尿等）とを併用することが重要である。資源循環型酪農の基本的な考え方の一つは、これらの養分を、可能な限りふん尿処理物から供給することである（ふん尿主体施肥）。

表4-3 チモシー草地の施肥標準

(年間、kg/10a)			
マメ科率 (%)	窒素 (N)	リン酸 (P ₂ O ₅)	カリ (K ₂ O)
30以上	4	8	15
15～30	6	6	15
5～15	10	6	15
5未満	16	6	15

1. 維持段階の採草地、道北地帯・台地土。
2. 目標生草収量：4～4.5t/10a。
3. このような表が、地帯・土壌別、草種・マメ科率・利用法別に整備されている。

(土壌診断)

- 146 牧草などの飼料作物への養分供給は、ふん尿処理物と化学肥料のみからではなく、土壌からも行われることを考慮しなければならない。そのため、「北海道施肥ガイド（北海道農政部）」では、多くの土壌についてリン酸・カリなどの土壌診断基準値を定めている（表4-4）。

- 147 土壌中のリン酸・カリ含量がこの土壌診断基準値内（中庸な土壌養分）にある場合は、上記の施肥標準量を施用する。一方、牧草などに対して過不足なく養分を供給するため、これらの養分が診断基準値を上回ったときは、施肥標準量からある一定量を減らし（減肥）、逆に下回ったときは増やさなければならない（増肥）。この増減量の目安も、施肥標準に対する施肥率として、土壌診断に基づく施肥対応に示されている（表4-4）。このように、土壌診断は施肥標準と常に連動して用いる。

表4-4 土壌診断基準値と施肥標準に対する施肥率（台地土）

肥料養分	項目	同右 以下	土壌診断 基準値	同左以上	
リン酸 (P_2O_5)	含量 (mg/100g)	0～20	20～50	50～70	70～
	施肥率(%)	150	100	50	0
カリ (K_2O)	含量 (mg/100g)	0～15	15～20	20～50	50～
	施肥率(%)	110	100	50	0

1. 道北地帯・台地土のチモシー採草地（マメ科率15～30％）における土壌診断基準値内での施肥標準量（施肥率100％）は、リン酸が6 kg/10a、カリが15kg/10a。
2. このような表が土壌や養分別に整備されている。

（施肥の上限量）

148 牧草などの窒素・リン酸・カリの施肥標準量は、次の項で述べるふん尿主体施肥法の上限量を決める基準値でもある。一般に、窒素の上限はこの施肥標準量である。またリン酸・カリの上限は、施肥標準量、もしくは土壌診断に基づく施肥対応に従って施肥標準量を補正した量である。これらの範囲内でふん尿処理物を施用することが重要である。なお、平均的な堆肥の施用上限量は、草地造成・更新時に年間5～6t/10a、維持段階でも年間5t/10a前後と算出されることが多い。

149 このような上限量の詳しい考え方や具体的な計算の手順は、次の節「2）ふん尿資源の使い方」で述べる。上限量を順守することは、良質粗飼料の確保と環境負荷低減の両立が期待できる資源循環型酪農の基本原則である。

（3）ふん尿の不適切な管理・施用による悪影響

（環境への悪影響）

150 ふん尿やその処理物の適切な管理を怠ったり、必要量以上の施用をすると、水質汚染などの環境問題を引き起こす。堆肥場などのふん尿貯留施設からふん尿や排汁が流れ出さないよう、法律に基づいて適切に管理しなければならない。幸い、北海道は全国的にみると水質汚染の程度は低いが、汚染を未然に防止することの重要性とその考え方は、本書のいたる所で詳しく指摘されている。

（牧草・乳牛への悪影響）

151 酪農経営に対して色々なメリットを秘めているふん尿処理物（堆肥、スラリー、尿等）

でも、過剰な施用は、飼料品質や乳牛へ悪影響を及ぼす恐れがあるので禁物である。ふん尿処理物の過剰施用に起因する悪影響の例として、次のことなどが指摘されている。

152 牧草のカリ含量が増加し、このようなカリ含量の高い牧草を乳牛へ給与すると、①低マグネシウム血症（グラステタニー）が発症する②カルシウム代謝へ悪影響を与え分娩前後の各種疾病の一因となる、などの危険性がある。

硝酸態窒素が牧草に集積し、その含量が0.2%（乾物中）を超える牧草を乳牛へ給与すると、硝酸塩中毒を起こす可能性がある。

153 このように、ふん尿処理物の草地・飼料作物への過剰施用により、環境のみならず、飼料の品質面や乳牛の健康面に対する悪影響も危惧される。もちろん、この重要な回避策の一つが、ふん尿処理物の適切な利用である。

2) ふん尿資源の使い方

154 前節でも説明されたとおり、ふん尿は自給肥料となりうる貴重な資源である。しかし、ふん尿単独では肥料養分のバランスが悪いので、次の手順にしたがって、化学肥料と組み合わせる必要がある。

（1）ふん尿の肥料効果（肥効）を知る

（標準的なふん尿の肥料効果）

155 標準的な品質と施用条件を前提に、草地・飼料畑に対するふん尿の肥効が示されている（表4-5～4-7）。ふん尿施用に際しては、その肥効に応じて化学肥料などの購入肥料を

表4-5 草地更新時に施用した堆肥（乳牛）の肥料効果（kg/現物t）

肥料養分	土 壤	更新年	2年目	3年目
窒素(N)	火山性土	0.5	1.0	0.5
	低地土・台地土	0.5	1.0	0.5
リン酸(P ₂ O ₅)	火山性土	0	0.4	0.3
カリウム(K ₂ O)	火山性土	0.5	1.5	1.0
	低地土・台地土	1.0	2.5	1.0

表4-6 維持管理時の草地に施用したふん尿（乳牛）の肥料効果（kg/現物t）

有機物	土 壤	牧草に供給される養分量					
		N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
堆 肥	火山性土	1.0	(0.5)*	1.0	(-)	3.0	(-)
	低地土・台地土	1.0	(0.5)	1.0	(-)	5.0	(1.0)
スラリー		2.0	(-)	0.5	(-)	4.0	(-)
原 尿		5.0	(-)	-	(-)	11.0	(-)

*()は施用翌年の残効。

表4-7 サイレージ用トウモロコシに施用したふん尿等の肥料効果（kg/現物t）

堆きゅう肥			液状きゅう肥		
有機物	化学肥料相当成分量		有機物	化学肥料相当成分量	
	N	K ₂ O		N	K ₂ O
牛ふん堆肥(単年度)	1.0	4.0	乳牛スラリー	1.3	3.8
" (連用5～10年)	2.0	4.0	牛 尿	2.5	8.0
" (連用10年～)	3.0	4.0	ばれいしょ デカント廃液	1.2	5.0
パーク堆肥	0～0.5	3.0	豚ふん尿スラリー	1.3	2.0

減らさないと、過剰な施肥が植生や飼料品質を悪化させ、環境汚染を引き起こす。

- 156 実際のふん尿に含まれる肥料養分量は、ふん尿の貯留・管理方法によって大きく異なり、その肥効も変化する。

- 157 このため、施用する肥料養分をふん尿に依存するようになると、ふん尿の品質や施用条件による肥効の違いは無視できない。

（精度の高い施肥設計）

- 158 そこで、表4-5～4-7のような大雑把な目安ではなく、品質や施用条件の異なる様々なふん尿に対応する施肥設計法が開発された。以下にその概略を示す。

（ふん尿養分の分析）

- 159 最初に、ふん尿に含まれる肥料養分の量を分析によって測定する。必要な分析項目は全窒素、全リン、全カリウム、アンモニウム態窒素、乾物率である。これらの分析には、専用の施設、薬品と分析機器が必要である。

（ふん尿養分の簡易推定法）

- 160 分析に必要な設備が不十分な時のために、簡易な推定法が開発されている（表4-8）。これは、手軽に測定できるふん尿の乾物率と電気伝導度を実測し、それらの値から各肥料養分含量を推定する方法である。なお、スラリーの乾物率は比重によって推定できる。

$$y = (218.96x - 218.96) \times \text{希釈倍率}$$

yは乾物率、xは比重で1.03以内になるよう

表4-8 電気伝導度(EC)と乾物率(DM)を変数とした堆肥、スラリー、尿の肥料養分含有率推定式

ふん尿種類	測定項目	回帰式
堆肥	T-N	$0.0459\overline{EC} + 0.0124\overline{DM} + 0.1249$
	NH ₄ -N	$0.0256\overline{EC} - 0.0153$
	P ₂ O ₅	$0.0238\overline{EC} + 0.0092\overline{DM} + 0.0918$
	K ₂ O	$0.1341\overline{EC} + 0.0071\overline{DM} - 0.0041$
スラリー	T-N	$0.0314\overline{EC} + 0.0172\overline{DM} - 0.0553$
	NH ₄ -N	$0.0201\overline{EC} + 0.0037\overline{DM} - 0.0412$
	P ₂ O ₅	$0.0069\overline{EC} + 0.0119\overline{DM} + 0.0090$
	K ₂ O	$0.0338\overline{EC} + 0.0063\overline{DM} + 0.0236$
尿	T-N	$0.0148\overline{EC} - 0.0366$
	NH ₄ -N	$0.0086\overline{EC} - 0.003$
	K ₂ O	$0.0235\overline{EC} - 0.0268$

1) 本推定式により推定されるのは乳牛ふん尿現物中の肥料成分含有率(%)。

に適宜希釈して比重計で測定する。

(肥効率の定義)

161 ふん尿に含まれる肥料養分は、すべてがすぐに作物に吸収されるわけではない。ふん尿中の肥料養分のうち、化学肥料と同等の効果を持つ養分の割合を、ここでは肥効率と呼ぶ。

162 肥効率はふん尿の種類と施用の対象となる作物によって異なる。また、窒素の肥効率はふん尿の品質や施用時期によって変化する。

(草地における基準肥効率と補正係数)

163 維持管理時の草地では、標準的なふん尿品質と施用時期を前提に、基準肥効率(Rs)が設定されている(表4-9)。窒素については、ふん尿の品質と施用時期によって補正係数QとTが設定されている(表4-10、表4-11)。リン酸とカリウムについては補正をしない(補正係数=1.0)。肥効率は以下の式で求める。

$$\text{肥効率} = \text{基準肥効率 (Rs)} \\ \times \text{補正係数 (Q} \times \text{T)} \quad (\text{式1})$$

表4-9 草地に施用した乳牛堆肥、スラリーおよび牛尿の基準肥効率(Rs)

	窒素		リン酸		カリウム	
	当年	2年目	当年	2年目	当年	2年目
堆肥	0.2	0.1	0.2	0.1	0.7	0.1
スラリー	0.4	-	0.4	-	0.8	-
牛尿	0.8	-	-	-	0.8	-

- 1 ふん尿中の肥料養分含量に当係数を乗ずることにより、化学肥料に換算する。
- 2 施用時期による補正には別途定める補正係数を用いる。なお、最終番草利用後の施用における「当年」とは施用翌年を指す。
- 3 品質の大きく異なるふん尿については別途定める補正係数により補正する。

表4-10 堆肥およびスラリーの品質による窒素肥効率の補正係数(Q)

堆肥		スラリー	
水分含量 (%)	Q	アンモニウム態窒素含量 (NH ₄ ⁺ -N, 乾物あたり%)	Q
80~	1.4	3.5~	1.2
65~80	1.0	1.5~3.5	1.0
~65	0.7	~1.5	0.8

施用当年のみを補正の対象とする。

164 草地の造成・更新時にはこのようなふん尿の分析・計算をおこなわず、表4-5によって減肥可能量を求める。

(ふん尿品質による補正)

165 品質に応じて窒素の肥効률을補正するため、堆肥では水分含量を、スラリーでは乾物当たりのアンモニウム態窒素含量を指標とした補正係数(Q)が設定されている(表4-10)。

(施用時期による補正)

166 施用時期に応じた窒素肥効률の補正のため、補正係数(T)が設定されている(表4-11)。

167 以上により、草地にふん尿から供給される肥料養分量を次の式で計算する。

$$\text{ふん尿から草地に供給される肥料養分量} \\ = \text{ふん尿中の肥料養分量} \times \text{肥効率 (式2)}$$

表4-11 ふん尿の施用時期による窒素肥効率の補正係数 (T)

施用時期	堆肥		スラリー・尿
	チモシー	オーチャードグラス	チモシー
9月上旬～ 10月下旬	1.0	1.0	0.8
4月～ 5月上旬	1.0	1.0	1.0
5月中旬	0.8	1.0	0.8
1番草収穫後	0.5	0.7	0.9
2番草収穫後	—	0.5	—

- 1 施用当年のみを補正の対象とする。
- 2 基準肥効率に当係数を乗ずることにより、9～5月の補正係数では年間施肥量が、1番草収穫後以降の補正係数では各番草に対する施肥量が算出される。
- 3 オーチャードグラス草地に対するスラリー施用時期の補正は堆肥に準ずる。

(サイレージ用トウモロコシ畑の肥効率)

- 168 サイレージ用トウモロコシ畑では、表4-12のように肥効率が設定されている。なお、牧草のような補正係数は適用しない。サイレージ用トウモロコシはしばしば連作され、ふん尿も連用されるが、ここでは5年以上の長期連用は想定していない。

表4-12 サイレージ用トウモロコシ畑に施用した乳牛ふん尿処理物の肥効率

有機物	窒素	カリウム
堆肥	秋施用：全窒素の0.12	1.0
(施用後混和)	春施用：全窒素の0.20	
スラリー	全窒素の0.4または (春施用後混和) アンモニウム態窒素の0.7*	1.0

*全窒素中のアンモニウム態窒素の割合が60%以上の時に適用

(2)必要な施肥養分量を知る

- 169 ふん尿を散布したい草地や飼料畑の土壌タイプと土壌診断結果から、その圃場に必要なた肥料養分量を算出する。前節「1) 利用に際しての基本的な考え方」で説明がなされたとおり、この方法は北海道施肥標準や土壌診断に基づく施肥対応としてすでに公表されており、また、定期的に改訂されている。

(3)ふん尿と化学肥料の施用量を決める

- 170 「(2)必要な施肥養分量を知る」[169]で算定された肥料養分必要量のうち、どれだけをふん尿でまかなうかを、「(1)ふん尿の肥料

効果を知る」[155～168]の手順で算定されたふん尿からの養分供給量(肥効)を使って計算する。このとき必要量を超えて肥料養分を投入すると、飼料品質の低下や環境汚染の危険性があるので、ふん尿施用量の上限を考慮する。

(草地への施用)

- 171 草地では、窒素、リン、カリウムのうち、施用ふん尿中のいずれかの養分が「(2)必要な施肥養分量を知る」[169]で算定された必要量に到達したら、それがその草地に対するふん尿施用量の上限である。

- 172 こうして求めた上限量までの範囲でふん尿の施用量を決定し、ふん尿だけでは不足する養分量を化学肥料等の購入肥料で補填する。

(サイレージ用トウモロコシ畑への施用)

- 173 サイレージ用トウモロコシ畑では堆肥、スラリーともに、ふん尿からのカリウム供給の上限量を20kg/10a程度とし、ふん尿の養分含量と肥効率から窒素の減肥可能量を計算して化学肥料を減ずる。

(4)ふん尿をいつどこに散布するか考える (散布時期の注意)

- 174 積雪期、土壤凍結期および融雪・融凍期には草地、飼料畑いずれに対してもふん尿を散布してはならない。雪どけ水と一緒にふん尿の肥料養分が河川に流出し、環境を汚染する。

- 175 大雨はせっかく散布したふん尿の肥料養分を洗い流す。強い降雨が予想されるときにはふん尿の施用を避ける。

(散布場所の注意)

- 176 湿原や河川などの水系に隣接した圃場では、圃場の境界に河畔林や草地による緩衝帯を10m以上の幅で設置し、散布したふん尿が直接流出する事態を防ぐ。

(草地に散布するときの注意)

- 177 採草地にふん尿を施用できる時期は、早春および各番草収穫後である。

- 178 5月下旬以降など、牧草の再生が旺盛化してからふん尿を施用すると、肥料養分が無駄となり、環境汚染の原因となる。また、散布時の踏圧による生育抑制が顕著になる。さらに、硝酸態窒素の蓄積、ミネラルバランスの悪化、不良発酵など、収穫物の品質にも悪い影響を与える。

(サイレージ用トウモロコシ畑の注意)

- 179 サイレージ用トウモロコシ畑における堆肥は前年秋（10月中旬～凍結または降雪前までの期間）または春に施用し、散布後には土壌と混和する。
- 180 サイレージ用トウモロコシ畑におけるスラリーは春施用とし、可能な限り速やかに土壌と混和する。収穫跡地など、裸地の状態で越冬する場合には、翌年作付けが予定されていても秋施用をしてはならない。
- 181 以上の手順でふん尿を有効に活用すれば、化学肥料の節減と環境への負荷軽減を図りつつ、良質粗飼料の生産を行うことができる。