

堆きゅう肥の土壌還元利用の促進について

九州農業試験場 総合研究部 総合研究第3チーム長 山本克巳

1. はじめに

わが国の畜産物に対する需要は着実に増大し、畜産の粗生産額は農業粗生産額の25.4%（平成5年度）を占め、米とともに、畜産は農業の中で重要な地位を占めている。

平成9年度の統計によると、乳用牛190万頭、肉用牛285万頭、豚982万頭、鶏2億9800万羽が飼養されているが、1年間に必要な飼料の約75%は輸入に頼っている。このような輸入飼料に大きく依存した畜産の推進は、家畜飼養－飼料生産圃場での家畜ふん尿の利用－自給飼料の給与という循環系を阻害し、輸入飼料に由来した多量のふん尿を畜産経営外に排出せざるを得なくなっている。

家畜ふん尿の土壌還元利用は畜産サイドでは単なる汚物処理、耕種サイドでは畜産の尻拭いという感覚で両者の認識は低次元の段階に止まっていた。しかし、環境重視の風潮が高まる中、畜産サイドでは畜産経営に起因する環境問題が深刻化し、その解決が緊急の課題となってきた。一方、耕種サイドでは農業労働力の減少、農業経営の単一化等に伴い耕地への有機物施肥量が減少し、土壌有機物の消耗が懸念されている。また、化学肥料の減肥や有機栽培農産物への関心が高まり、堆きゅう肥の利用が再認識されつつある。

このような情勢を背景に、畜産及び耕種農家が家畜ふん尿を農業生産に必要な資源と位置付け、両者の連携を図りながら合理的に家畜ふん尿を利用することは環境保全的農業を推進する上で非常に重要である。

表1 各作物生産におけるふん尿あるいはその処理物の受け入れ可能量

作物	作付け面積 (1,000ha)	有機物の種類	有機物施肥量/1作		作物当たりN 受け入れ可能量 N 1,000t/作物
			現物 (t/ha)	窒素 (N kg/ha)	
飼料作物	1,111	液状きゅう肥	50～60	190～228	211～253
水 稲 ¹⁾	1,053	中熟堆肥	5	25	26～105
	1,053	中熟堆肥	15	75	79～105
一般畑作物 ²⁾	685	中熟堆肥	20～30	100～150	69～103
野 菜	611	中熟堆肥	30～40	150～200	92～122
果 樹	335	中熟堆肥	20～30	100～150	34～50
工芸作物(茶)	216	中熟堆肥	25	125	27
桑	49	豚ふん	75～110	600～900	29～44
その他	92	中熟堆肥	20	100	9
			窒素総計		576～713

注)

1. 稲わらあるいは自家堆肥使用面積が半分、外部から堆肥を導入する面積が半分とし、長期間で望ましい肥沃度を達成、維持するとした場合。
2. 化学肥料と併用する標準量の場合と、さらに肥料の一部を代替し、施肥量を増した場合の両者を併記。

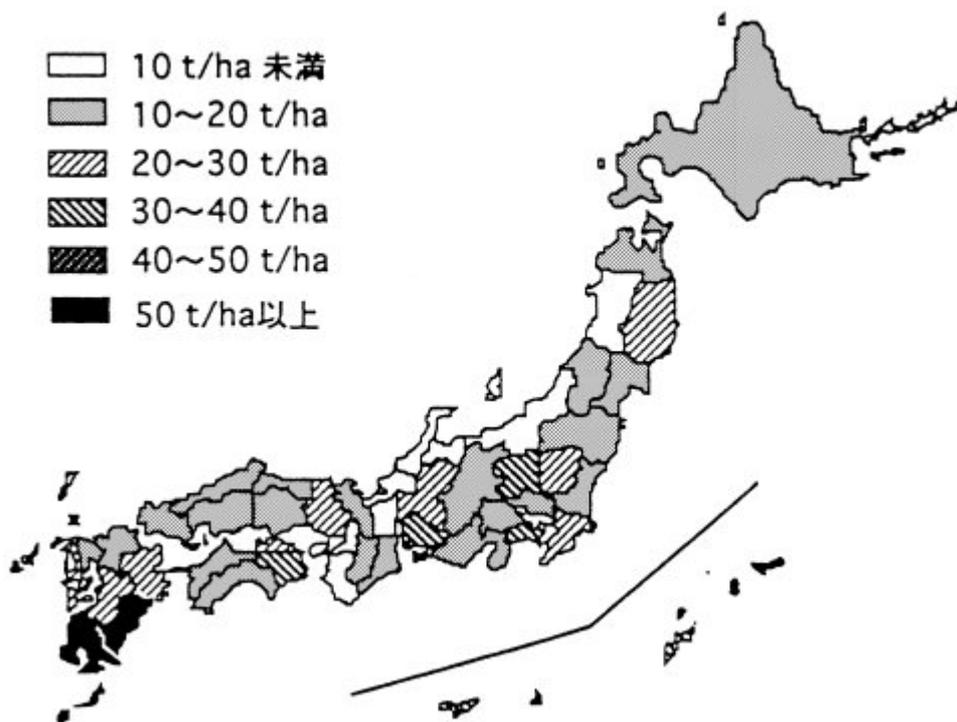


図1 農耕地単位面積当たりの排泄物の負荷量

2. 農地に対する家畜ふん尿の負荷量

1年間に排出される家畜ふん尿量を平成9年度の家畜飼養頭羽数から試算すると、総量で約9400万トン、窒素量で約74万トンとなる¹⁾。従来より家畜ふん尿は各作物生産に利用されてきたが、現時点での農地に対する家畜ふん尿の負荷の度合いを検討するために、表1に試験研究機関の家畜ふん尿の施用試験の結果に基づいて、農地の家畜ふん尿の受け入れ可能量を表示した²⁾。この結果では、有機物施用による積算窒素量は前提の置き方で変動するが、総計で約58～71万トンの範囲になった。

排出量と受け入れ可能量を比較すると、家畜に由来する窒素はすでにわが国の農地の受け入れ可能量を上回っていることになる。しかし、家畜ふん尿に含まれる窒素は堆肥化や曝気処理などの処理過程あるいは農地への施用時にアンモニアとして揮散する(スラリー施用では全窒素の20～30%)ことが知られており、この減量分を考慮すれば、排出窒素量は農地の窒素受け入れ量にほぼ匹敵するものと考えられる。図1に都道府県別に排出される家畜ふん尿をそれぞれの農地に均等に施用した場合のヘクタール当たりの負荷量を示した³⁾。宮崎県、鹿児島県の南九州地域の負荷量が高く、家畜ふん尿が偏在している状況が一目瞭然である。畜産環境汚染の発生を防止するためには、農地面積に対して適正な家畜の飼養頭数を維持することが重要である。また、流通を促進して家畜ふん尿の偏在を軽減する方策を講じる必要がある。

3. 土壌還元利用の促進

今後、環境負荷の大きい家畜ふん尿を今まで以上に有効に利用するためには、畜産サイドは積極的に自らの飼料生産圃場において施用基準を順守しつつ利用する一方で、耕種農家のニーズに合った堆きゅう肥を提供しなければならない。耕種農家では、①散布すると悪臭が出る、②C/Nが高く生育障害を起こしやすい、③成分表示がなく使いづらい、④作物によって堆きゅう肥に求める性質が異なる、⑤耕種農家の高齢化のために堆きゅう肥の散布が大変である、⑥生産地や時期による品質のバラツキが大きい等、問題点を指摘している。

これらのニーズに対応するためには、堆きゅう肥の品質、成分の表示は最低限保証するとともに土壌還元利用しやすいように家畜ふん尿を調整・加工することも必要である。

1) 土づくり資材としての堆きゅう肥の利用

わが国では土壌の肥沃度を維持・増進するために、古くから家畜ふん尿等各種有機物の施用が行われてきた。現在の土づくり運動においても堆きゅう肥は土壌改良資材として重要な役割を担っている。

(1) 家畜ふんの特性

堆きゅう肥の成分組成は原材料である家畜ふんの成分組成を反映し、畜種別にそれぞれ特徴を持っている。これらの特性を理解して堆きゅう肥を利用することが重要である。牛ふんでは窒素、リン酸、カリウム等の肥料成分含有率は低い傾向にある。また、セルロース及びリグニン等難分解性の有機物に富んでいるため肥効率は鶏ふんや豚ふんに比べて低いが、土壤中で徐々に分解し養分の供給が行われるため地力増強や土壤改良資材として極めて有効である。鶏ふんでは窒素、リン酸、カリウム等の成分含有率が高く、これら養分の放出が早いという特徴を持っている。豚ふんでは窒素の肥効、分解等は牛ふんと鶏ふんの中間的な特性を示す。

(2) 堆肥の施用効果

堆きゅう肥は表2のような施用効果を持っている4)ので適量施用された場合には、土壤中の養分及び有機物含量が高まり、微生物やミズ等の生物活動も活性化される。その結果、土壤の粘土粒子が結びついて団粒が形成され土壤が柔らかくなる。また、土壤の孔隙が増加して空気の流れや水の保持に都合の良い条件が作られる等、土壤の化学性、物理性及び生物性が改善される。堆きゅう肥はこのように土壤の主要な性質を総合的に改善できる最も利用度の高い土づくり資材である。

地力増進基本指針においては、堆きゅう肥等の標準的な施用量は、稲わら堆肥の場合、水田では1.0～1.5t/10a、普通畑で1.5～3.0t/10aとなっている。現実には、稲作に対する堆きゅう肥の施用量は約150kg/10aに過ぎない。現在の堆きゅう肥の成分量が以前に比べて高いことが施用量の少ない一因と考えられる。それにしても150kg/10aは低い数値であり、施用量を高めていく必要がある。

表2 有機物施用の効果

I. 植物養分としての効果(直接的効果)
1. 多量要素の給源
2. 微量元素の給源
3. 緩効的・持続的・累積的肥効
4. 二酸化炭素の給源
5. 生育促進物質
II. 土壤の物理的・化学的性質の改善(間接的効果)
1. 土壤団粒の形成 孔隙分布の改善 透水性、通気性、易耕性、耐食性の改善
2. 陽イオン交換容量の増大
3. キレート作用 活性アルミナの抑制 リン酸固定防止・有効化
4. 緩衝能の増大
III. 土壤中の生物相とその活性の維持・増進(間接的効果)
1. 中小動物・微生物の富化・安定化
2. 物質循環能の増大
3. 生物的緩衝能の増強(有害生物の突発的増殖防止)
4. 有害物質の分解・除去

2) 収量の増大に伴う還元容量の増進

飼料作物の作付体系の高度化により飼料作物の収量水準を大幅に高めることができれば飼料作物が必要とする養分量も増加するので農地に還元できるふん尿も増加し、自給飼料の増産と

環境負荷の軽減が図れる。最近、開発された高収量のソルガムーライコムギ体系で化学肥料を補完して液状きゅう肥施用量を増加させると、12t/10aの施用で乾物収量は年間3t/10aに達して頭打ちとなった。地下水への硝酸態窒素の浸透や飼料の牛に対する安全性等を勘案すると、この作付体系では液状きゅう肥を年間12～16t/10a(窒素換算で56～75kg/10a)の施用が可能と考えられた5)。これはトウモロコシーイタリアンライグラス体系に比べて乾物収量で1.3～1.6倍、窒素吸収量で1.1～1.5倍増大したことになる。

3) 堆きゅう肥の有機栽培への利用

(1) 堆きゅう肥の複合的利用

転換畑の野菜栽培においては生育障害による生育不良や減収、また、湿潤状態に起因する土壌伝染病の発生助長等、安定生産を阻害してきた。このような障害を回避するため堆きゅう肥の複合的利用による土づくりが実施された。堆きゅう肥を含む多くの有機質資材について理化学性、微生物性、リゾクトニア病抑制及びセンチュウ害抑制効果等、多面的な特性が明らかにされた。

これら特性の異なる有機質資材を混合施用すると、単一資材の連用に比べて養分の均衡が保たれ、土壌微生物相の多様化が図られる等、作物生産にとって好適な環境が作出されることが示された。兵庫県ではハウレンソウとシュンギクの軟弱野菜の多毛作栽培において乾燥牛ふん2に対し乾燥豚ふん1の割合で混合した資材を用いて、土壌の肥沃度や微生物性の向上及び安定多収が達成されている(表3)6)。また、大分県の夏秋ピーマンの栽培において、牛ふん堆肥、乾燥鶏ふん、菜種油粕の混合施用は、化学肥料主体の慣行栽培と同等の収量及び品質が得られ、堆きゅう肥等有機質資材が化学肥料を代替できることが示された7)。この分野の研究が進展すれば、堆きゅう肥で代替できる作物の種類も増加するものと考えられる。

表3 有機質資材の複合的施用技術

県名	栽培体系	有機質資材の複合的技術	主な改善効果
兵庫	ハウレンソウ +シュンギク の軟弱野菜 多毛作	混合施用「乾燥牛ふん2:乾燥豚 ふん1を総量で0.75～1.5t/10a」 年間3回施用 (注)現物重量	●肥沃度向上 ●生物性向上 ●残留農薬分解 ●安定多収
奈良	ハウレンソウ 2作+小麦作	混合施用「乾燥牛ふん1:バーク 入り鶏ふん堆肥を総量で2t(乾 物)/10a」年間1回施用、小麦稈 の被覆材利用	●肥沃度向上 ●物理性改善 ●安定多収 ●早期塾畑化

(2) 有機栽培作物の品質

最近、健康志向の食材として有機農産物が注目され、堆きゅう肥等による有機栽培に関心が高まっている。試験研究機関では、有機栽培による作物の品質への影響についてデータの集積を行っているが統一的な見解を得るには至っていない。

現在までのところ、有機栽培では化学肥料栽培と比較して、キャベツやにんじんの糖度の上昇、こまつなやメロンのビタミンCの増加、にんじんやメロンのカロチノイドの増加、ほうれんそうのシュウ酸の減少等が認められている。有機栽培によって、糖度、ビタミンC、ベータカロチン等の含量の高い野菜の生産が期待される。そのメカニズムについては堆きゅう肥等有機物の施用による土壌団粒構造の形成が作物の低水分ストレスを惹起し、有機物分解に伴う緩効性窒素の供給と相まって、体内糖分、ビタミンC、ベータカロチン等が増加すると考えられている8)。今後とも、有機物利用による栽培は盛んになると予想されるので、耕種農家と連携を取りながら堆きゅう肥の利用の拡大に努める必要がある。

4) 堆きゅう肥の成型化

成型化することで堆きゅう肥の欠点である取り扱い性及び保管性が改善され、輸送が可能になった。また、化学肥料と同様の散布機が利用でき省力化に役立つものと期待されている。現在、ペレット状(3～10mm径)に成型化する技術が開発され、作物に対する施用試験が九州農業試験場9)及び公立試験場10)で実施されている。

成型堆肥の各作物に対する肥効特性については、今後の試験データの蓄積を待たねばならないが、現在までの知見では、①成型堆肥の分解は原料堆肥に比べて穏やかであり、形状を維持したまま周囲から均等に分解が進む、②原料堆肥が未熟であっても生育障害が起こりにくくなる、③硝酸化成が原料堆肥に比べて2～3週間程度抑制される、④作物への窒素供給を長期にわたって安定的に行なえる等が、明らかにされている。このように堆肥の成型化は広域流通の促進及び農耕地施用の効率化が図れて、堆きゅう肥の遍在が緩和されるとともに利用が拡大するものと考えられる。

5) 成分・肥効パターン調整堆肥の生産

家畜ふん尿の肥料成分は作物の要求する肥料成分に合っていないため、ある成分の施用基準量に着目して施用すると他の成分に過不足が生じるなど耕種農家にとっては利用しにくい欠点を持っている。また、作物の吸収に合った養分の放出が期待される堆きゅう肥の作出も要望されている。したがって、栽培する作物の肥料要求量と要求パターンに合わせた成分・肥効パターン調整堆肥を製造し、利用に供することも必要である。

(1) 作物の養分吸収量と吸収パターン

作物は生育ステージ毎に吸収する養分量も、吸収パターンも異なっている。野菜は養分吸収特性に基づき3種類に区分される¹¹⁾。すなわち、①尻上がり型は生育前期の肥料を抑制し、生育後期に肥料を効かせるもので、カボチャ、スイカ、メロン等がこれに相当する。②コンスタント型は生育に比例した養分吸収を行うもので、トマト、キュウリ、インゲン等がこの型に属する。③先行逃げ切り型は養分吸収が生育とともに増大し、ピークに達した後に減少するタイプでレタス、サツマイモ、コカブ等がこれに属する。

このような3種類の養分吸収特性は、野菜以外の作物にも適用できると推察されるので、まず、これらの養分放出パターンを示す堆きゅう肥を製造し、実際の栽培試験で検証していく必要がある。

(2) 畜種別堆肥のブレンドによる成分・肥効パターン調整

畜種によりふん尿の成分及び分解特性が異なることはすでに記述した。このような相違を利用して畜種別堆肥をブレンドし、成分・肥効パターンの調整を行う試験が実施されている¹²⁾。堆きゅう肥の窒素無機化量は全窒素、粗繊維含量及び炭素率(C/N比)の3要因と高い相関関係にあることを認め、3要因に基づく窒素放出パターンを関数化し、牛ふん、豚ふん、鶏ふん及びこれらの混合物の窒素無機化量を計算し、作物の養分要求パターンに見合った家畜ふんの混合比率を決定している。インゲンに対する試験結果(表4)では、作物の養分要求特性に適合した肥効調整型ペレット堆肥の作成が可能であり、無機化した窒素をインゲンが効率よく利用して化学肥料に劣らぬ生育や収量を示すことが報告されている。

成分・肥効パターン調整堆肥の製造には、畜種別堆肥のブレンド以外にも、他の有機資材、さらには化学肥料等を混合調整し、検討する必要がある。

表4 ペレット堆肥利用によるインゲンの栽培試験

処理区	本数 本/ポット	茎長 cm	節数	分枝 数 /本	莢数 /本	一莢粒 数	子実 重 /本	100粒 重 g	くず歩 合 %
無肥料	5.3	54.2	7.8	0.3	4.9	3.1	4.6	28.9	0.3
化学肥料全層混合	5.3	72.8	7.9	0.7	7.9	2.5	6.9	35.1	0.5
化学肥料溝施用	4.3	91.5	8.0	0.8	9.2	2.9	9.6	34.4	0.1
ペレット全層混合	3.0	84.9	8.6	2.1	11.1	3.2	10.8	30.0	0.2
ペレット溝施用	4.0	80.3	8.2	1.3	11.3	3.0	10.8	33.0	0.1

注)子実重・100粒重の水分は15%

4. 高付加価値堆肥の生産システム

土壌還元利用の促進のための方策を記載したが、新たな用途の開発技術として成型及び成分・肥効パターン調整堆肥の製造が必要である。これら高付加価値堆肥の生産システムを図2に示した(13)。高付加価値堆肥の生産方式は悪臭の発生がある1次発酵については畜産農家で行い、悪臭の問題がなく、品質管理が強く要求される2次発酵以降は大型の堆肥調整出荷センターで処理する方式を考えている。堆肥調整出荷センターは耕種農家向けの高付加価値堆肥の生産施設で畜産農家で1次処理した後の堆肥の後熟と成分調整や成型化等の調整・加工を行う。堆肥調整出荷センターを中心にして畜産サイドと耕種サイドが連携し家畜ふん尿の土壌還元利用の推進に寄与する方式を考えている。処理規模は市町村単位または農協単位程度が必要と考えられる。

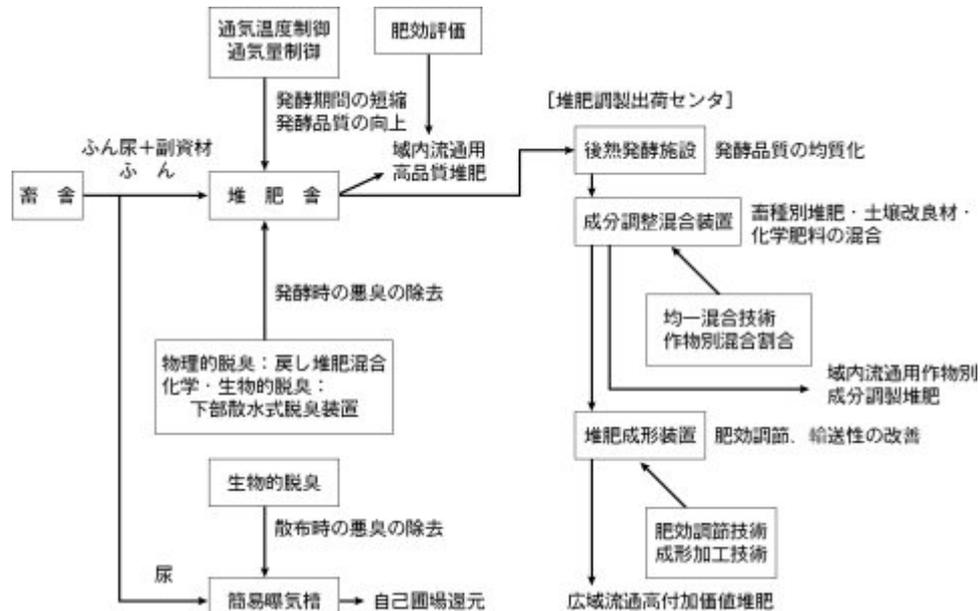


図2 高付加価値堆肥の生産システム

5. おわりに

家畜ふん尿による環境汚染を軽減する1つの要素である土壌還元について試験研究の現状から利用の促進法について記載した。しかし、その内容については今後ともデータの集積を図り、確実な技術に仕上げていかねばならないものも含まれている。畜産環境問題は多様な要素が複雑に関連し合い解決策を打ち出すのが難しい情勢なので、明るい展望を開くことを期待し、未確立ながら希望の持てる内容を紹介した。

文 献

1. 原田靖生: 家畜排泄物等地域有機物資源リサイクルシステムの構築に向けて. 「地域社会と調和した環境保全型農業シンポジウムテキスト」p.3~14(1998).
2. 志賀一: 農耕地の有機物受け入れ容量と畜産廃棄物. 酪総研選書No35, p.1~88, (1994).
3. 築城幹典・原田靖生: 我が国における家畜排泄物発生の実態と今後の課題. 「環境保全と新しい畜産」, p.15~29(1997)農林水産技術情報協会.
4. 甲斐秀昭: 有機物の効果. 「土壌腐植と有機物」p.149(1976)農文協.
5. 山本克巳・野中邦彦: 飼料作物の単収の飛躍的向上によるふん尿受容能力の向上. 「環境保全と新しい畜産」, p.216~228(1997)農林水産技術情報協会.
6. 二見敬三ほか: 有機質資材の多面的な特性と複合的施用技術. 日本土壌肥料学会誌, 66, 65-70(1995).
7. 小野 忠: 有機物ブレンド施用による夏秋ピーマンの安定生産技術. 九州農業の新技術, 第10号, p.193~197(1997)九州農業試験場編.
8. 森 敏: 食品の質に及ぼす有機物施用の効果. 「有機物研究の新しい展望」, p.85~137 (1986)博友社.
9. 吉田 滯・薬師堂謙一・代永道裕: 成型化によるオガクズ牛ふん堆肥の窒素放出パターン制

- 御. 畜産研究成果情報, 11, 111~112(1997).
10. 岐阜県・栃木県・三重県・愛知県:家畜ふん尿堆肥の成型及びブレンドによる高付加価値化技術の確立. 地域重要新技術開発促進事業研究成果報告書, p.1~142(1997).
 11. 日本化成肥料協会:化学肥料QandA, p.149(1997).
 12. 畠中哲哉・原田久富美・須永義人:肥効調節型ペレットを用いた作物栽培. 日本土壤肥料学会講演要旨集, 第44集, 181(1998).
 13. 薬師堂謙一:家畜ふん堆肥の成型による広域流通. 「家畜ふん尿の新しい施用技術の展開」, 草地試験場平成9-4資料, 38~46(1997)草地試験場編.