

Ⅵ. 堆肥の利用

1. 家畜ふん尿の成分的特徴

牛ふん中には、窒素・リン酸・カリが比較的バランスよく含まれている。しかし、窒素の割合が低いと、他の家畜と比べてT-C（全炭素量）があまり変わらないにもかかわらず、C/Nが高い。また、T-Cは大部分が有機物と見なすことができるが、他の家畜に比べて難解性のものが多く、堆肥化に要する期間が長い。

牛尿は、カリの含有量が極めて高い。十分な面積の還元圃場があれば問題はないが、狭い圃場への還元を繰り返すとカリが集積して粗飼料のマグネシウム含量が低下し、牛のグラスステニー（低マグネシウム血症）を引き起こす恐れがあるので注意する必要がある。

豚ふんは、牛ふんに比べリン酸含有量が高く、窒素も比較的多い。T-Cが高いが、C/N比は牛ふんと鶏ふんの中間となっている。また、有機物の分解性や堆肥化に要する期間も牛ふんと鶏ふんの中間となっている。

鶏のふんは、実際にはふんと尿の混合物であり、窒素の含有量がかなり多い。この他、リン酸、カリ、カルシウムなども高いレベルで含有されており、肥料成分に富んだ有機質資材である。窒素が多いと、C/N比は牛ふんや豚ふんに比べてかなり小さい。また、有機物の分解は、牛ふんや豚ふんに比べて容易であり、堆肥化に要する期間も短い。

表5 家畜ふん尿の成分含有率（乾物中％）

	乾物率	N	P ₂ O ₅	K ₂ O ₅	CaO	MgO	T-C	C/N
牛ふん	19.9	2.19	1.78	1.76	1.70	0.83	34.6	15.8
牛 尿	0.7	27.1		88.6	1.43	1.43		
豚ふん	30.6	3.61	5.54	1.49	4.11	1.56	41.3	11.4
豚 尿	2.0	32.5						
鶏ふん	36.3	6.18	5.19	3.10	10.98	1.44	34.7	5.6

2. 牛ふん堆肥の成分的特徴

牛ふんは概して繊維質を多く含み、肥料成分含有率は鶏ふんや豚ふんに比べて低い。また、牛ふんの肥料成分含有率は給与する飼料によって大きく変動し、粗飼料を主体とする場合には繊維質とカリの含有率が高くなり、窒素・リン酸・カルシウム・ナトリウム等の含有率が低くなる。このような牛ふん堆肥では難分解性有機物が多くなるため、肥料としてよりは土壤改良資材としての性格が強くなる。一方、濃厚飼料を主体に給与した場合には肥料成分含有率が高くなり、これらの違いは極めて顕著である。

表6 飼料の種類と牛ふんの成分含有率（乾物中％）

飼 料	N	P	K	Na	Ca	Mg	C/N比
牧草のみ	1.26	0.49	1.20	0.15	0.58	0.32	34.6
牧草+ 配合 4 kg	2.19	0.92	0.62	0.25	1.54	0.56	19.6
牧草+ 配合 8 kg	1.97	1.27	0.63	0.27	1.42	0.47	21.7
牧草+ 配合12kg	2.94	1.74	0.38	0.53	2.20	0.55	14.6

牛ふん堆肥を処理しようとする場合、副資材として、オガクズ、刎がら、乾牧草等を用いることがある。これらの副資材を混合した堆肥は肥料成分含有率が低くなり、土壤改良資材的性格がさらに強くなる。

乳用牛のふんは水分含有率が極めて高いため、これに副資材を混合して水分を調整しようすると多量の副資材が必要となる。そこで、一部にはふんを固液分離機にかけて搾り、分離液は畑に散布し、固形物を堆肥化する方式もとられている。ただし、この場合には、水溶性成分や易分解性有機物のかかなりの部分が分離液に移行し、繊維質の多い堆肥となる。

一方、肉用牛においては、踏み込み式牛舎で飼養する形態が多くとられており、オガクズ・刎がらなどの敷き料にふんと尿の全量を混合した堆肥となるため、カリの含有率が比較的高くなることが考えられる。

牛ふん堆肥は、一般的に肥料成分含有率が低く、また土壌中での分解も遅いため、土壤改良資材と見られている。しかし、牛ふん堆肥の使用効果は単に土壌の物理性改善の効果だけではなく、速効性ではないが養分供給の効果も有している。すなわち、牛ふん堆肥の窒素の肥効率は低い、土壌中に蓄積されて地力窒素となり、徐々に養分を供給するようになるため、地力の維持・増強には有効な資材である。

3. 家畜ふん堆肥の施用効果

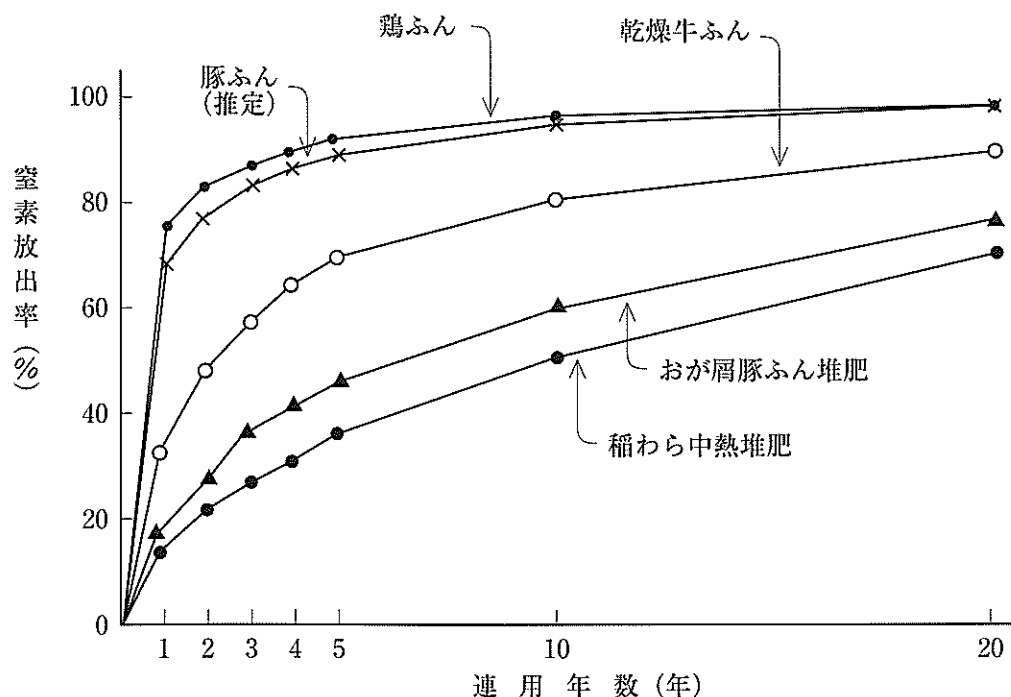
堆肥には肥料としての効果の他にも、化学肥料では代替できない多くの効果がある。堆肥の施用効果は、直接的効果（植物養分の供給）と間接的効果（土壌の化学性、物理性及び生物性の改善）に大別して考えることができる。

（1）植物養分の供給

家畜ふん堆肥には、窒素・リン酸・カリ・カルシウム・マグネシウムなどの多量要素、さらに鉄・銅・亜鉛・マンガン・ホウ素などの微量元素が含まれている。また、稲わらや粕がらを副資材として用いた堆肥では、特にケイ酸の含有率が高い。このため、家畜ふん堆肥を施用すれば、土壌中でこれら植物養分の供給源となる。

この場合、特徴的であるのは肥効が緩効的なことであり、また連年施用することによってその効果が累積していくことである。すなわち、堆肥中の有機物は土壌中でゆっくり分解されて、養分を徐々に放出する。施肥した年に分解されずに残った有機物は、翌年以降に分解されて養分を供給する。堆肥を連用するとこのような未分解の有機物が土壌中に蓄積し、土壌有機物となって土壌養分供給力がしだいに増大していく。作物が吸収する窒素のかなりの部分は、このような土壌中に蓄積された有機物から供給される窒素（これを土壌窒素あるいは地力窒素という）に依存することが知られている。

図13 堆肥連用に伴う窒素放出率の変化
(毎年施用する堆肥中の窒素を100とした場合)



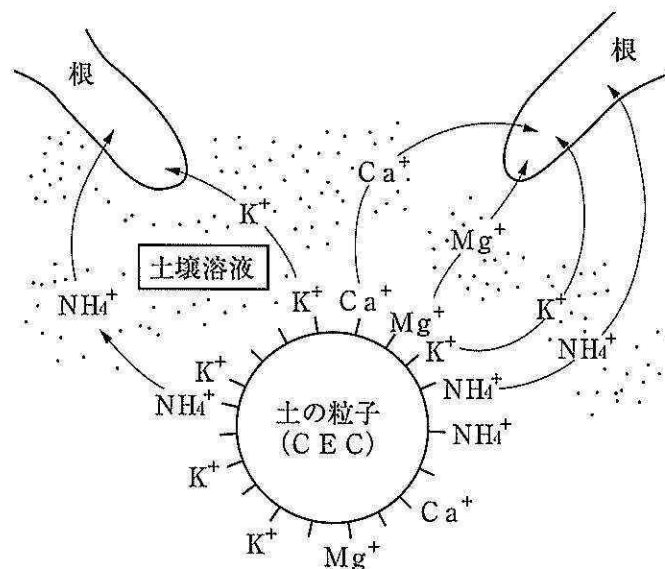
(2) 土壌の化学性の改善

堆肥中に含まれるある種の有機物、あるいは土壌中で有機物が分解される際に生成される中間分解産物にはキレート作用を有する物質が存在する。キレート作用とは、有機化合物が多価の金属イオンと結合して、その金属イオンを不活性の状態に保つことである。わが国に広く分布する火山灰土壌や酸性土壌には活性アルミニウムが多く含まれており、それによって作物の根が障害を起こしたり、施肥したリン酸が強く吸着（固定）されて作物が吸収できなくなったりする。しかし、堆肥を施用すればキレート作用によって活性アルミニウムと結合し、その害作用が抑えられる。また、土壌中に蓄積された有機物のあるものはアルミニウムや鉄などと結合して分解されにくい状態で存在しているが、これに堆肥を施用すると堆肥中のキレート物質がそのアルミニウムや鉄などと結合して、土壌有機物を分解されやすい状態に変える効果があるともいわれている。

また、堆肥の施用によって、土壌の陽イオン交換容量（CEC）が増大する。陽イオン交換容量は塩基置換容量とも呼ばれるが、これは土壌粒子表面に存在するマイナス荷電の量であり、土壌粒子が静電的に吸着・保持できる陽イオンの量を示している。土壌を構成する物質のうち、粘土と土壌有機物は陽イオン交換能を有し、陽イオンとして存在する養分（ NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} など）が逃げないように土壌中に保持しておく能力がある。このような静電的に吸着されたイオンは、上に述べたキレート結合やリンの固定などのように強固な結合でなく、作物根によって容易に吸収される。土壌中に養分を保持していくためには極めて重要な性質である。

さらに、堆肥の施用によって土壌の緩衝作用が増大する。緩衝作用は、酸やアルカリを添加した場合、これらの影響を打ち消してpHを大きく変化させない作用である。たとえば、硫酸などの化学肥料のみを連用すれば土壌が酸性化してくるが、堆肥を併用すればpHの変化を矯正し、酸性化を抑制することができる。また、早ばつや低温などで気象条件が悪化した場合にも、堆肥を施用した土壌ではそれらの影響をやわらげる作用があるといわれており、このような作用も広い意味で緩衝作用と考えられる。

図14 土壌中の陽イオン模式図

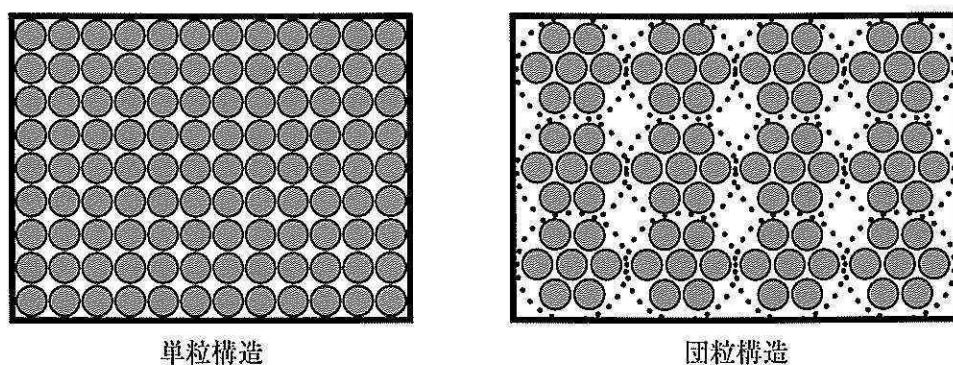


(3) 土壌の物理性の改善

堆肥を連年施用していくと土壌有機物含量がしだいに増加し、土壌の物理性が改善される。特に腐植の乏しい粘土質の土壌などではその効果が顕著である。土壌中に有機物含量が高くなると、土壌の団粒化が進んで土が膨軟になる。団粒化とは、土壌の単一粒子（一次粒子）が集合して二次粒子となり、これがさらに集合して多次の集合体を形成することである。団粒構造になると土壌中の空隙量が増加し、通気性と透水性が良好になる。図15は、堆肥を連用した土壌では空隙率（気相＋液相）が増加し、固相率が減少することを示している。

このように、団粒構造が発達して土が膨軟になれば、作物の根が良く発達して養分や水分の吸収能力が高まる。団粒構造が発達した土壌では、非毛管孔隙と毛管孔隙の両方が適当な割合で存在する。非毛管孔隙は比較的大きな孔隙であり、そこでは毛管作用はほとんど行われず排水や通気に役立つ。また、毛管孔隙は小さな孔隙であり、水を保持するのに役立つ。したがって、このような土壌では透水性が良だけでなく、保水性も増大し旱ばつの被害を受けにくくなる。また、粘着性・可塑性が減少し、乾燥しても粒子の固結性が弱まるので、耕耘が容易になる。

図15 単粒構造と団粒構造



(4) 土壌の生物性の改善

堆肥を施用すると、土壌中にミミズやダニなどの小動物の数が増加する。施用した堆肥はこれらの土壌動物の活動によって土壌中で分散され、さらに微生物によって分解されやすい状態になる。堆肥中には多くの微生物が含まれており、また、堆肥の有機物が微生物の培養基となるため土壌微生物の数は大きく増加する。

土壌の生物性を改善する目的は、生物活性を高めることによって物質循環を促進することである。堆肥などの有機物を施用すると微生物が増殖し、施用した有機物だけでなく土壌中に蓄積されていた有機物の分解も促進されるようになる。これをプライミング効果（起爆効果）とよび、これによって窒素の無機化などが促進され、多くの養分が放出される。また、無機化された窒素の一部は増殖した微生物の菌体に取り込まれ、再び土壌中に蓄積され長期間にわたって土壌窒素を発現して生産力に寄与するようになる。さらに、堆肥を施用した土壌ではアゾトバクターやクロストリジウムなどの窒素固定菌の活性が高くなり、根粒の着生も良好になるといわれている。

4. 家畜ふん堆肥の施用基準

適正施用量とは、高品質、多収、土壌改良などを目的とした施用量で、基本的には化学肥料との併用を前提としたものである。すなわち、家畜ふん堆肥には各種の肥料成分が含まれているが、そのバランスは作物が要求する養分のバランスとは必ずしも合致しているわけではない。したがって、すべての肥料成分を堆肥で供給しようとするならば、過剰施用になる成分も出てくる。そこで、堆肥中の含有率が高い成分については全量を堆肥で供給し、不足する成分については化学肥料で補うようにするのが望ましい。また、堆肥は遅効性であるため、それだけを施用したのでは作物の初期生育が不良になることがあるが、そのような場合には、速効性の化学肥料を併用することによって欠点を克服することができる。このように、堆肥と化学肥料を併用して、相互に欠点を補い合うような考え方を基本にしたものが適正施用である。

現在、各試験場や都道府県などでは、作物ごとの堆肥の施用基準を示している。しかしながら、実際の堆肥の肥料効果は、連用による有機物の累積や気象条件による有機物の分解速度などによって異なるため、確実な把握は困難である。

したがって、実際には、これらの施用基準を参考にしつつも、それぞれの圃場の条件を検討した上で施肥量を決定する必要がある。

なお、十分な検討を行おうとする場合には、土壌分析結果を利用することが望ましい。

表7 草地・飼料畑における堆肥の施用基準 (t/10a)

草 種	予想収量	牛ふん堆肥	豚ふん堆肥	鶏乾燥ふん
イネ科牧草	5～6	3～4 (14-0-0)	2～3 (8-0-5)	0.5 (8-0-8)
混播牧草	5～6	3～4 (6-0-0)	2～3 (0-0-5)	0.5 (0-0-8)
トウモロコシ	5～6	3～4 (14-7-0)	2～3 (8-0-5)	0.5 (8-0-8)
イタリアンライグラス	4～5	3 (11-0-0)	2 (8-0-4)	0.4 (8-0-6)

注：下段()は、併用する化学肥料(N-P₂O₅-K₂O)の必要量(kg/10a)