

中小家畜ふん尿の処理・利用について

道立滝川畜産試験場 滝 沢 寛 禎

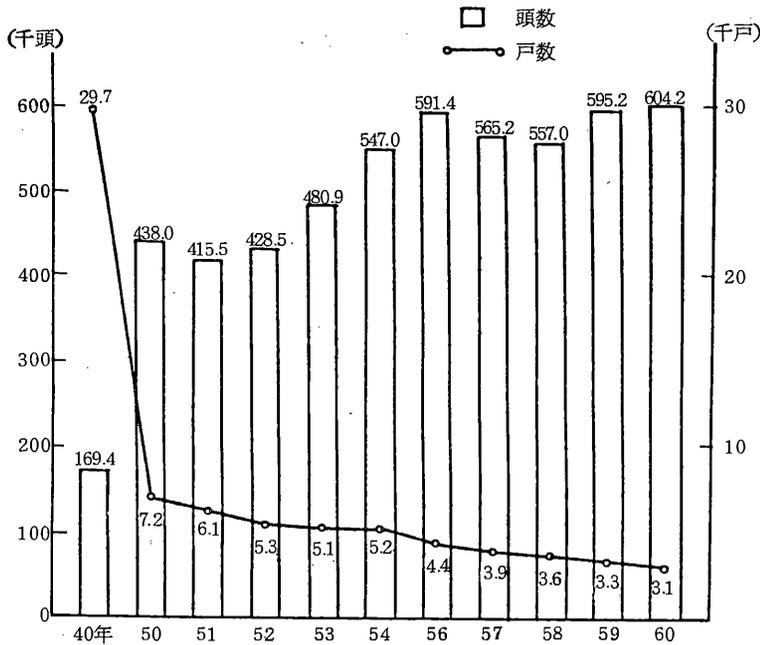


図1. 豚の飼養動向 (農水省畜産統計)

道内の中小家畜飼養頭数は、図1・2に示したとおり、豚では56年以降、鶏では52年以降、ほぼ横ばいの状況が続いている。双方とも飼養戸数は着実に減少しているところから、1戸当りの繁養頭数は依然として増加の傾向にある¹⁾。

一方、道内で流通している飼料は、昭和60年205万トン、このうち約70万トン(34.2%)が養豚、養鶏用に利用され、これらが動物の腹を通して排泄されるわけであるが、1戸当りの頭羽数増に伴って、ごく限られた地域にふん尿が集積することになる。しかも養豚経営の一部を除いて、土地利用型畜産の成立がきわめて困難な状況に鑑み、排泄物の処理・利用に関する研究開発はきわめて重要で、1960年代後半から70年代初頭にかけて、処理・利用(肥料・飼料としての再利用)、73年の第一次オイルショック以降、これに加えて、エネルギーとしての利用法の開発等、現在に

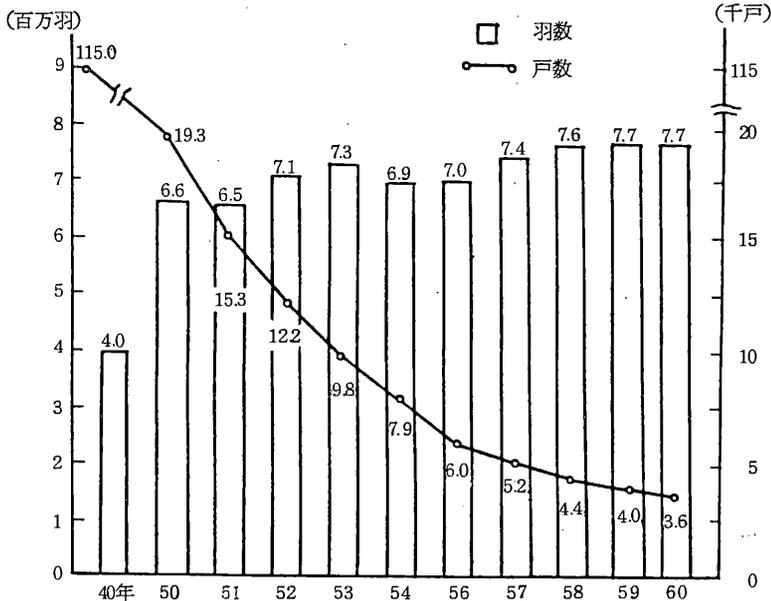


図2. 採卵鶏の飼養動向

至るまで、数多くの研究成果が報告されている。

1. 豚ふん尿、鶏ふんの処理法

各家畜別のふん尿処理状況は表1のとおりで、豚ふんは、尿や処理汚水の関係で液肥利用が32%を占め、鶏ふんの場合は、流通体系が古くから

最近は、世界的なエネルギー事情や、通貨の関係で、原油価格は安価で安定しているが、中長期的観点からみると、それ自体 Hot Manure と言われるごとく、エネルギーを保持しているものであるから、発酵処理（堆肥化）は、今後ともふん尿処理の重要な一手段であると考えられる。

表1. 家畜ふん尿の処理状況

(単位：戸，%)

畜種	処理区分	乳用牛	肉用牛	豚	採卵鶏	ブロイラー
実数	発酵	51,720	142,600	15,713	1,169	230
	火力乾燥		290	129	970	258
	天日乾燥	2,919	3,890	5,551	11,027	1,030
	焼却			318	116	632
	液肥	61,960		31,377		
	浄化	1,468	980			
	その他	37,700	33,200	12,624		
構成比	未処理		70,000	34,005	4,294	3,847
	計	155,767	250,960	98,717	17,576	5,997
	発酵	33.2	56.8	15.9	6.7	3.8
	火力乾燥		0.1	0.1	5.5	4.3
	天日乾燥	1.9	1.6	5.7	62.7	17.2
	焼却			0.3	0.7	10.5
	液肥	39.8		31.8		
調査年月日	浄化	0.9	0.4			
	その他	24.2	13.2	11.8		
	未処理		27.9	34.4	24.4	64.2
	計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	59. 2. 1		56. 2. 1		57. 2. 1	

資料：統計情報部「畜産統計」

- (注) 1. 乳用牛のその他には未処理も含む。
2. 豚の液肥以外はふんの処理状況である。

確立されているため、圧倒的に乾燥処理が多い。ただ鶏ふんの場合、火力乾燥では特有の臭気が抜けないこと、エネルギー経費節減等のため、ある程度発酵過程を伴った前処理をして、水分30～40%のものを乾燥処理する方法もとられている。ブロイラーふん未処理64.2%は、鶏ふんボイラー用の燃料として自家利用されるものを含んでいるものと推察される。

(1) 豚ふん尿の発酵処理
鈴木²⁾は、ふん尿の堆肥化の条件として次の7項目をあげている。

- ① 汚物感がない。
- ② 取り扱いが容易なこと。
- ③ 水分が低いこと。
- ④ 病原菌、雑草の種子を含まないこと。
- ⑤ 貯蔵中の成分変化がないこと。
- ⑥ 悪臭・害虫の発生がないこと。
- ⑦ 熟成して成分が均一であること。

利用サイドでは、これらの条件が満たされることは好ましいことであるが、生産する家畜側、畜産農家サイドからは、良質の堆肥をいかに安価に供給できるか、ということになる。養豚経営では一般に、豚の性質を利用して、ふんと尿の分離が行われ³⁾、ふんは麦稈、オガクズ、パーク、モミガラ等と混合堆積されて堆肥化され、尿は汚水とともに貯

留されて畑に還元されるか、施設がない場合は流出し、水質汚濁をひきおこしている例もみられる。これを防止するため、発酵助剤として、オガクズ、パーク、粉碎モミガラ、麦稈等に吸着させ、発酵熱を利用して水分の蒸散をはかり、堆肥化によってふん尿の有効利用と、畜産公害の汚名返上の試験が、発酵助剤の節減も含めて行われている。

鳥山等⁴⁾は、豚ふん尿に、容積比で1：1の割

合でオガクズを混合、混合物の水分が60~65%とし、発酵装置を開発して一次堆積、二次堆積で堆肥化を行ったが、この場合、発酵処理済みの堆肥の一部を発酵槽に返送することにより、オガクズを $1/2$ に節減できたと報告している。

堆肥化をすすめる上で、水分と並んで重要なものが、好氣的条計をいかに保持するかということであるが、このための通風装置の開発、通気量、混合攪拌(切り返し)などについて、おもに物理関係で検討されている⁵⁾。この場合、混合物の水分が70%以上でも堆肥化が可能であると報告され、道内の養豚、養鶏場でも一部取り入れられている。発酵槽の下部に小さな穴をあけたエンビパイプを配管し、これに自動車用コンプレッサーで強制送風するものであるが、水分が多いと沈下してパイプがつまり、送風ができないというトラブルを見ている。加藤等⁶⁾は、強制通気によって助剤の節約が可能で、混合物の水分が65%を上廻っても、通気によって発酵分解を促進できるとしている。しかし、70%以上の水分では困難であると報告している。筆者等が鶏ふんで行った試験⁷⁾でも、通常の場合混合物の水分が60~65%で良好な結果が得られているので、通風方式の65~70%は妥当な水準と考えられる。

豚ふんは鶏ふんと異なり、市場で流通するケースが少ないが、豚ふん尿と助剤を混合し、通気性の良いポリエステル製の袋に充填堆積して、30日間で良質の堆肥が得られたという報告があるが⁸⁾、流通を考慮した場合、有効な手段である。

流通を本格的に考慮しなければならないか、もしくは、更に付加価値の高い素材へ転換(飼料等)しなければならないのが、堆肥製造装置(Compost Machine)によるふん尿の処理である。この種の機械については、いろいろな仕様のものが発売されている⁹⁾が、一定量のふん尿を投入し、定期的に一定量の発酵処理ふん尿を取り出す仕組みのものが多く、いわゆる、ふん尿の連続・急速堆肥化装置である。道内でも、一業者が同じような装置を開発し、滝川畜試場内に臨時的に設置して、展示を兼ねて運転した例があり、又他の業者が江別の養鶏場に試験用プラントを設置し、その試運転の状況を見聞したがいずれの場合も、装置その

ものが高価なこと、ランニングコスト(主に電気料)が高く、一般養豚、養鶏農家が導入し、これらが稼働しているという事例に接していない。

「家畜ふん尿のコンポストに関する研究」については、愛知県総合農業試験場が、1973年頃から研究に着手し、多くの成果を発表している^{10~15)}。筆者も1975年に同場を訪れ、ロータリーキルンの稼働状況を見たが、この場合も、発酵助剤としてオガクズ、モミガラを混合しており、一定の発酵が終了したものを、さらに発酵槽に充填して熟成堆肥化し、生産物の品質、肥料成分中最も重要なNの動向、堆積方法と腐熟の関係、生成中の微生物の動態等について詳細な検討が行われている。

養豚経営では、ふんばかりでなく、尿あるいは尿と雑用水の排出が特徴的で、この処理が大きな問題となっているケースが多い³⁾。そこで豚ふんの発酵熱を利用し、尿汚水を或程度処理しようという試みが、同場山川等¹³⁾によって行われている。

豚ふん、豚尿、モミガラの混合割合によって尿の処理量は変わってくるわけであるが、ふんと尿の容量化が2:1、3:1とモミガラ各5の場合、活発な発酵が継続し、水分蒸散量も多く、60日間に4回の切り返し、尿添加で、ふん100容に対し、113~129容の尿の処理が可能であったとしている。60日間の温度変化、積算温度からみると、豚ふん、尿、モミガラ、1:1:3の場合も良い結果を得ているが、積算蒸散率をみると、2:1の場合の半分に留まっている。

固液分離をしないで、尿汚水を麦稈、イナワラ、オガクズ、バーク等で吸着して堆肥場に堆積し、滲汁は貯留して散布機で農地に還元するオーソドックスな方法は、複合型の養豚経営、あるいは小規模の専業経営では問題が少ないが、都市近郊の養豚場や、規模の大きい一貫経営などでは、施設、機械に多額の投資が必要となる。そこで固・液を搾汁機を使って分離し、水分の少なくなった固は堆肥化し、液はメタン発酵でエネルギー源として利用しようという研究が、神奈川畜試本多等^{16~19)}らによって行われた。

1973年のオイルショックを契機として、エネルギー源の多様化が求められ、ふん尿のエネルギー

一転換による再利用の研究が、農畜産関係はもとより、一般エネルギー工業関係、応用微生物関係などでも取り上げられた。本道でも、大手企業が鶏ふん、豚ふん、肉牛ふんを素材としたメタンガス利用の研究開発が行われ、筆者も実験段階の装置をみる機会があったが、いまだに現場で稼働しているという報告を聞いていない。この場合、有機物負荷の調整に水を添加しているわけであるが、メタン抽出後の汚水の処理が別な問題として残るので、加水はそれだけ負担を多くする。この点神奈川畜試方式は、搾汁液を利用してメタンを回収し、残渣は水分が調整されて堆肥化が容易となる等合理的な方法である。

大手電機メーカーがこの方法に着目し、プラント化を図り、実用規模程度のもを滝川畜試場内に設置して、昭和62年度から共同研究が実施される運びとなっている。後述するように、積雪寒地での実用化には、残された問題があり、今後の試験成果が期待される。

(2) 鶏ふんの発酵処理

前述のとおり、鶏ふんは豚ふんと異なり、乾燥鶏ふんとしての歴史が古いため、乾燥処理されるものが70%を占めている。乾燥処理には次のような問題点がある。

① 鶏ふん中の水分は、75~78%⁷⁾であるが、夏期間には80%以上に達する場合があります、エネルギーの損耗が大きい。

② 強烈な悪臭を放散する。

③ 肥料成分、とくにNの損失が大きい。

④ エネルギー価格の変動によって、生産費が左右される。

このうち、②の悪臭公害が地域的に問題となるケースが多く、昭和54年、胆振管内厚真町から筆者が依頼をうけて、町関係者、農家と協議し解決を図ったのはその好例である。市街地のスプロール化により、古くから火力乾燥を行っている養鶏場の近くに学校、住宅が接近し、臭気対策に養鶏場の移転も含めて検討したが良策がなく、結局、鶏ふんの発酵処理と、これを利用する利用組合の設立によって落着いた。そしてこれを契機として、同町の土づくり運動が前進した。

1) 鶏ふんのみによる発酵処理

新鮮な鶏ふんは、前述のとおりHot Manureと言われる²⁰⁾。従って、物理性を改善してやると烈しい勢いで発酵するが、本道の場合、水分70~75%の鶏ふんを無処理で夏期間、長期に亘って堆積しても変化はおきない。しかし、府県の場合であるが、水分60%の生鶏ふんを5月に堆積し、20週目に水分が25%に低下、温度も64.9~26.2℃と変化した。さらに8月に実施した場合も同様の結果が得られた。ところが11月~2月に処理したものは発酵しなかった、という報告もある²¹⁾。

一方、三重県で筆者が見聞した事例であるが、発酵生成成分を3%飼料に添加して給与し、ケージ下に5カ月間自然堆積した鶏ふんは、下部から発酵乾燥する。これを通気性の良い袋に上下混合して充填、ハウス内に堆積しておく。一定の期間が経過すると、良質の発酵乾燥鶏ふんが調製でき、十数年間この方法で処理して全く問題はないという養鶏家の説明であった。

この場合、ケージのレベル以下に外壁はなく、通気が十分で、厳寒期でも極端に気温が低下しないことが条件のように推察された。

ハウスを利用した、ソーラー型の鶏ふん処理方式は、府県では古くから採用され、羽数によっては相当の敷地を要すること、鶏ふん搬入機器、攪拌機、ハウス、ピット等の設備に投資が必要であるが、ランニングコストが安価である⁹⁾。本道でも、十勝の大手養鶏場がこの方式を採用しているが、冬期間の太陽熱利用がむずかしい日本海側等では利用が困難であろう。

2) 補助資材を利用した発酵処理

1973年の第一次オイルショックで、エネルギー事情が極度に不安定になって、乾燥業者が鶏ふんの引取りを拒んだこと、当場の小羽数の試験鶏でも鶏ふんの処理に困難をきたしたことから、一般養鶏家からの要望が強かったこと等から、筆者等は補助資材を利用した鶏ふんの発酵処理試験を74年から開始した。

発酵補助資材(以下助材)は、利用面あるいは経費の面からみても、用いないか、少ない方がよいのであるが、冬期の5カ月、夏期間の水分が高くなる2カ月の、計7カ月は最小限の助材を用い

た方が処理が容易となる。助材として利用できるのは、稲作地帯のモミガラ、林産加工場が近隣にある場合はオガクズ、パーク、一部ゼオライト等も利用されている。筆者等はオガクズ、モミガラ、パークの単体、もしくはそれらの混合物を助材として試験を行った。結果を要約すると次のとおりである。

① 新鮮鶏ふんと助材の混合割合は、重量比で80:20もしくは85:15が適当であり、鶏ふんの割合が多いほど切り返し、攪拌等の頻度をたかめる必要がある。

② 助材の水分は少ない方が効果的で、単体でも処理が可能であるが、オガクズ、モミガラを混合して使用する方がよい。

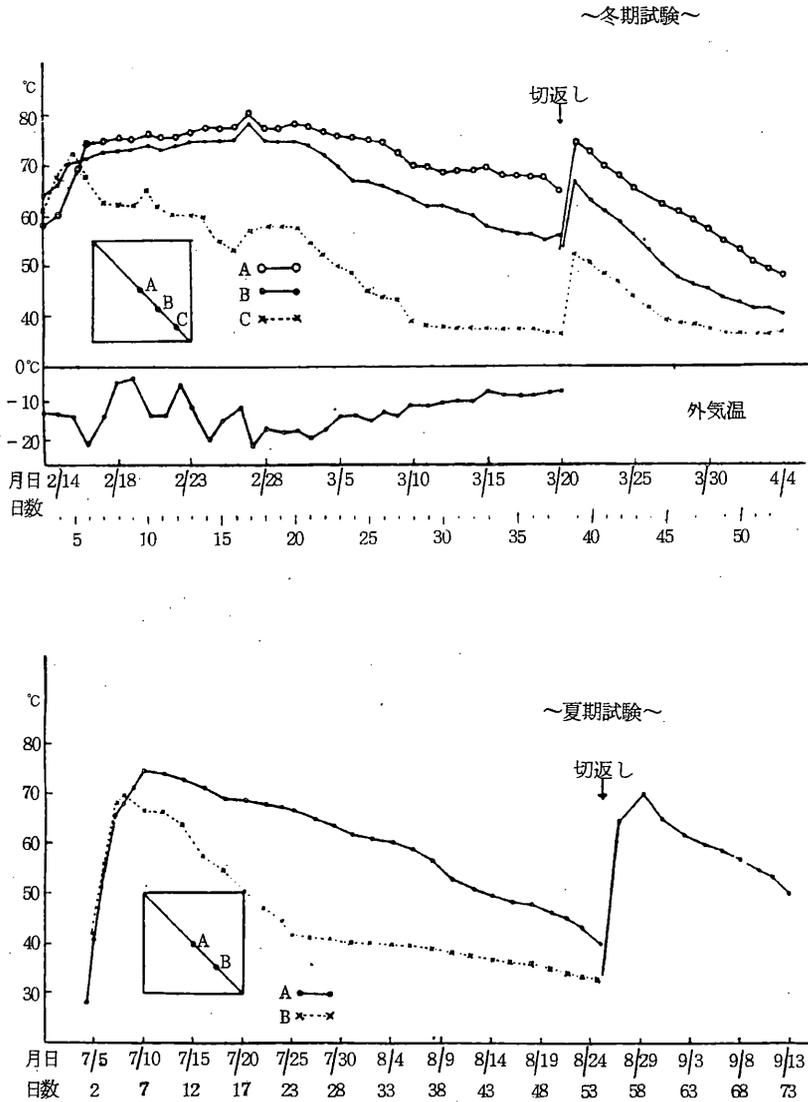


図3. 発酵中の温度変化 (A B Cは上部から見た測定位置を示す)

③ 発酵中の温度は、発酵槽の容量にもよるが、中心部の温度が60度以上、40日以上持続し、PHは9.0以上に達するが、経時的に低下し、8.5程度で安定する。

④ 鶏ふん中の肥料成分は、鶏の週令、飼料中の蛋白質含量等によって変化する。それによって発酵鶏ふんの成分も変化するが、生ふん中の

成分比がおよそN-P-K=80-100-100に対して、発酵処理後は、100-120-100と、利用上のバランスが良好となる。

⑤ 外気温が氷点下20度以下の条件でも、発酵には全く影響なく、表層に水分が結露のような状態で集積し、これに阻まれて、NH₃-Nもある程度揮散するが、表層水分に吸着される。

表2. 発酵処理鶏ふんの理化学性

区分	回収量 (kg)	回収率 (%)	1 m ³ の重量 (kg)	水分 (%)	pH	塩基性物質 (%)	T-N (%)	T-P ₂ O ₅ (%)	T-K ₂ O (%)	T-CaO (%)
冬期	663.0	63.8	253.6	51.0	8.55	0.177	(100) 2.13	(127) 2.71	(100) 2.13	(180) 3.84
夏期	458.9	44.2	234.3	45.0	7.82	0.220	(100) 1.69	(135) 2.41	(145) 2.59	(205) 3.67

⑥ 6~8月の鶏ふん中の水分が多く、さらに大気中の湿度も高く、給水管の結露水の混入がある時期は、外気温が高くても発酵が不良である。表層の露幕もなく、従ってNの含有率も低い。

⑦ 実験的な小規模枠で堆積した場合も、

10~20 m³程度の大枠で堆積しても発酵の程度、品質に差はないが、大規模の場合、堆積の高さによって、好気条件が変わってくるので、枠をふやして切り返し頻度を高める必要がある。(写真参照) 鶏ふんの発酵処理の場合も、豚ふんの場合と同様

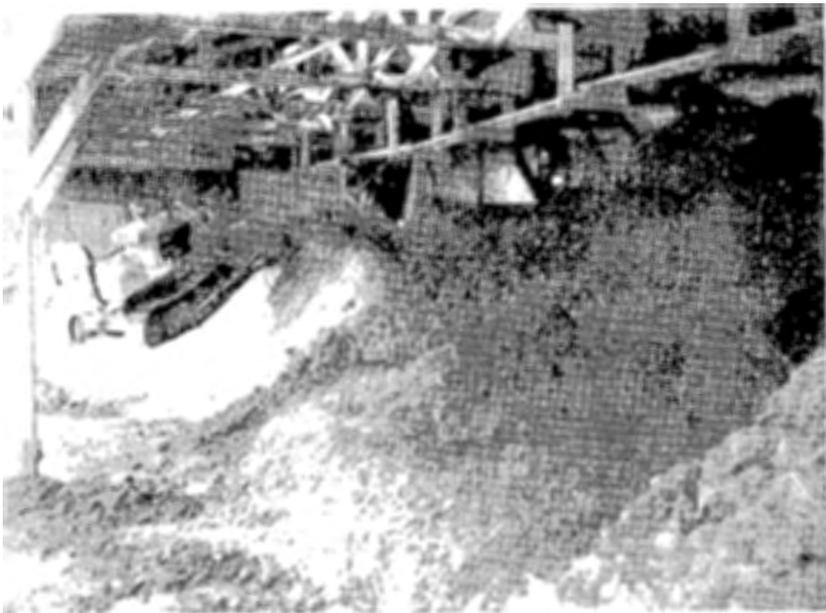


写真1. 滝川市 西谷養鶏場 鶏ふん処理場 一次発酵槽



写真2. 滝川市 西谷養鶏場 鶏ふん処理場 二次発酵槽

に、エアコンプレッサーで送風している例が道内でも散見されるが、この場合の堆積の高さ、送风量等については、豚ふん同様農業機械化研究所で試験を行っている²²⁾。

鶏ふんの発酵処理の場合、長い間放置したものは発酵がよくないことがある。このことについては、筆者も試験経過の中で確認しているが、小滝・小林等も、古い鶏ふんは新鮮ふんと比較して発酵温度が常に10度低く、水分の減少も少なかったと報告している²³⁾。

火力乾燥程でないが、発酵処理の場合も臭気が発生する。とくに切り返しや搬送の時に多く発生

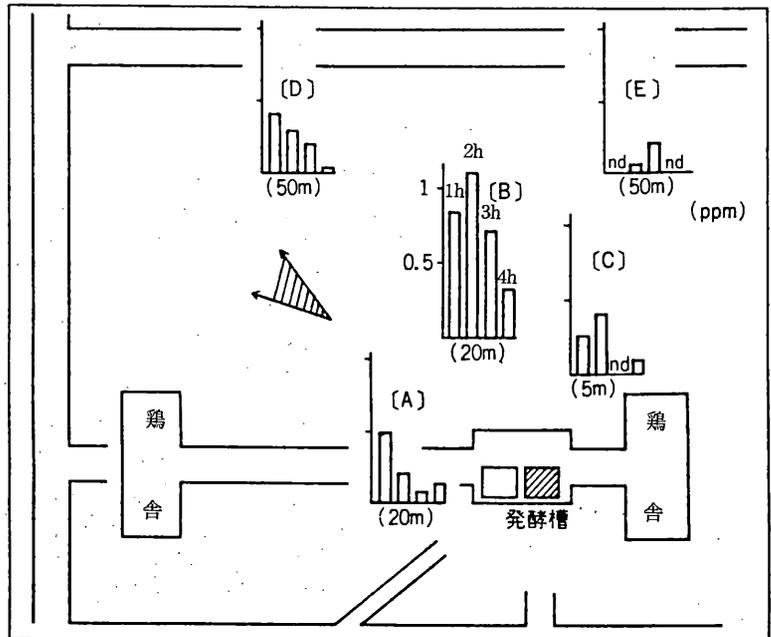


図4. 攪拌時に発生するアンモニアの、発酵槽からの距離と、大気中濃度の経時的変化

するが、これについて道立公害防止研究所と共同してガスの種類、発生量等について測定した。²⁴⁾ 悪臭防止法で定められているもののうち6物質、硫化水素 H_2S 、メチルメルカプタン CH_3SH 、硫化メチル $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ 、二硫化メチル $(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$ 、トリメチルアミン $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ とアンモニア HN_3 について測定した。その結果、鶏ふんの発酵に際して発生する臭気物質の大半はアンモニアであり、実用規模での、切返しや攪拌による拡散の範囲は20~50 mで、当场で調査した事例を図4に示した。前記厚真町の場合も、発酵方式に転換して以来、町民の苦情は皆無になったと報告を受けている。

2. 豚ふん、鶏ふんの利用

(1) 肥料としての利用

鶏ふんの発酵処理試験と並行して、75年から利用試験を開始した。これに先立って、内外の研究資料の収集につとめたが、家畜ふん尿、特に中小家畜ふん尿の利用に関するものは乏しく、「北海道畑作農業研究文献目録」²⁵⁾にもほとんど収録されていない。その後、主に農業試験場サイドから利用方法、利用上の問題点等について多くの成果が公表された。九州農試は、九州地区家畜ふん尿施用量基準案²⁶⁾を、牛ふん尿、豚ふん尿およびこれらのスラリー、そして乾燥鶏ふんについて、成分と、化学肥料と比較した利用率から算定して作成し、これに基づいて、大分県では各作物別に基準施用量を示している²⁷⁾。本道でもこのような基準を作成するための基礎試験を行う必要がある。豚ふんは、微量成分中の銅の含量が多いということはあるものの、肥料としての三要素は平均している。しかし、鶏ふんはN、Ca濃度が高く、いろいろな作物について適性、用量試験を行う必要がある。さらに、発酵助材としてのモミガラ、オガクズ等を重量比で15~20%使用しているので、これらの影響についても検討しなければならない。これらの点を考慮して発酵鶏ふんの施用試験を1975年から3カ年実施した²⁸⁾。

① 調製後6カ月の鶏ふんと、40日の未熟鶏ふんを施用して、4品種の菜豆で発芽試験を行ったところ、平均発芽率は完熟区92.3%、未熟区

80.0%、無処理区86.3%で、処理間に有意差はなかった。また施用量3水準で実施しても差はなかった。

② 調製後6カ月、2カ月、1カ月の鶏ふんを、木製枠(2.7 m^3)を並列に埋設して、ジャガイモ、タマネギに10 a当り1.2 tの割合で施用し、生育状況、収量を調査した。その結果、処理間に収量差、生育障害ともに差はなかった。ただジャガイモには、石灰過剰による、ソウカ病が発生した。(これについては後述)

助材を使用して発酵処理したふん尿の腐熟度については、木質物がフェノール、タンニン、精油等の生育阻害物質をもっていること、 C/N が20より高くても、必ずしもNの有機化がおこらず、ほ場残渣と異なり、Nの有機化、無機化の限界値とされる20は木質物にあてはまらない²⁹⁾など、判定基準は主に木質物に重点をおいている。窒素飢餓発生回避という点から、安全使用時期判定基準として、水不溶物(サンプルを2重の木綿袋に入れ、ほぼ濁りがとれるまでもみ洗った残渣)のT-Nが1%を越えることとし、この基準を満すためには、堆積後20週以降のものであったという報告がある³⁰⁾。

供試した発酵鶏ふんは、モミガラを50%使用しているので、10 a当り4 t使用したとしても、オガクズは300~400 kg程度である。熟度の判定試験、用量試験を通じて、窒素飢餓現象は一度も観察されず、むしろ過剰が懸念される程であった。オガクズふん尿混合物の発酵分解は、まず細菌によってふん尿由来成分の分解が始まり、その後糸状菌によってセンイ素の分解に移行する¹⁵⁾、また水田では、施用当年畜ふんに由来する部分が分解し、オガクズ由来の成分は翌年に活発化すると言われ¹⁴⁾、これを裏づけるように、本試験でも翌年の秋に無数の茸の発生をみるがあった

モミガラは硅酸が多く、物理的にも堅ろうにできているため、短期間で簡単に変化がおきことは考えられない。(写真参照、道立工試で撮影)

熟度判定の試験と並行して用量試験を実施した。Nのレスポンスの高いものとして水稲と菜豆を、多肥性の作物としてビート、パクサイ、タマネギ、ジャガイモを、残効性をみるため大豆を供試して

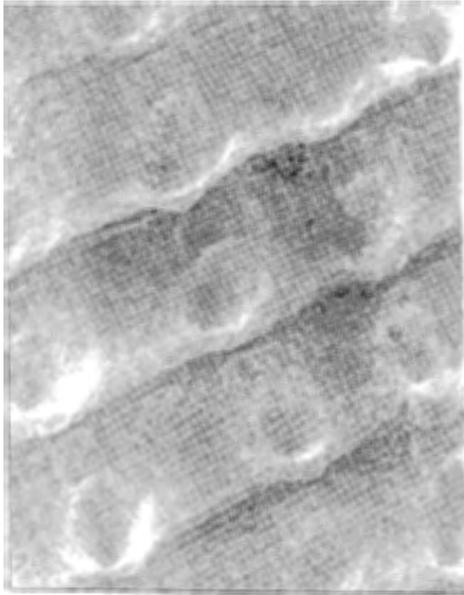


写真3. モミガラ表面の構造
未処理 ×450



写真4. 発酵処理後
×450

試験を行った。

① 水稲：冷害年と重なり、遅延型の障害を受けたため、鶏ふんの施用はこれを助長することとなった。地域、天候にもよるが、1.0～1.5 t/10a程度が妥当な施用量と考えられる。良質の発酵鶏ふんは、速効性のアンモニア態Nが多く、スターターとしての化学肥料も不要である。

② 菜豆：1.0 t以上2.0 t/10a程度施用できる。

③ ジャガイモ：前述のとおり、鶏ふんは石灰が多いため多用するとソウカ病が発生する。従って慣行堆肥と併用が好ましく、鶏ふんは1.0 t程度とする。S. Papanos等は、これを考慮して窒素必要量の40%を鶏ふんで補給することを提案しているが妥当な基準である³¹⁾。

④ ビート：乾物率、糖分含量から見て、2.0～4.0 t/10aが適当で、アルカリ性の発酵鶏ふんは、ビートの生育に適しており、 T_R 比が低いのが特徴である。

⑤ ハクサイ：4 t/10a以上施用できるが、多用すると軟腐病が多くなる。

⑥ タマネギ：S. Papanos等は、鶏ふんはタマネギに適合しないと、2年間で試験を打ち切っているが、鶏ふんを施用することによって、土壌中の有効態リン酸が増加するため、タマネギには最も適した肥料である。ただN濃度が高いと初期生育が阻害される³²⁾ため、秋処理を行うと安定的に高い収量が期待できる。この場合の施用量は3.0 t/10aとする。さらに春に施用する場合は1.0 t程度とし、春耕期の一括施用は行わない方がよい。

S. Papanos等は、ブロイラーの敷料を含む鶏ふんであるが、永年採草地、サイレージ用とうもろこし、ヒエ(Japanese millet)の他、ニンジン、レタス、カボチャ、キャベツ、トマト等の野菜まで、広範囲な用量試験を実施し、施用基準を決めている。

鶏は飼料として糟糠類の摂取量が多いため、NとならんでPの排泄量も多く、昔から鶏ふん即磷酸肥料と言われるゆえんである。PはNと異なり、化学的変化を受け難いから、発酵処理しても有機態、無機態のPを多量に含み、これが投入されることにより、土壌中の有効態リン酸は確実に増加す

るので、タマネギのようにP要求量の高い作物に
適した肥料である。(図5)

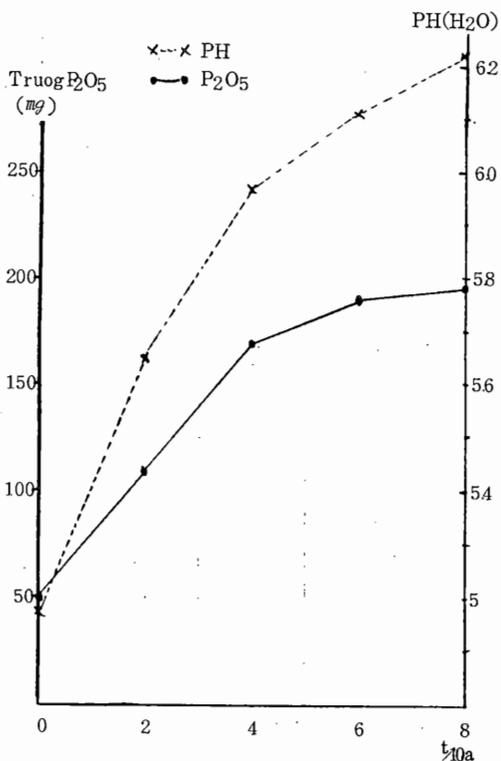


図5. 発酵鶏ふんの施用量と土壌の
PH、有効態リン酸 (mg/100g 乾土)

発酵豚ふん堆肥の利用についても近年多くの成
果が報告されている。河村・中村等³³⁾は慣行堆肥
・バーク堆肥との比較で検討しているが、鶏ふん
同様にT-N、T-P₂O₅が高く、多用した場合
に塩類高濃度障害が蔬菜で観察され、水稻では施
肥法、施用方法を配慮すれば5.0 t/10aを可能施用量
としている。これに反して、木質物の難分解性有
機物の影響を考慮して、水稻では0.5 t/10aと、
1/10量を限界としている報告³⁴⁾もあり、今後とも
地域的に研究の蓄積が必要と考えられる。

一方、豚ふん、鶏ふんはともに牛ふん尿と比べ
て、形態は異なるがT-Nの含量が多いため、牧
草・飼料作物中のNO₃-Nの増加について、とく

に生ふん、スラリーの連年施用の場合、家畜の中
毒が懸念される^{35,36)}。さらに近年、全く新しい知
見であるが、ふん尿、とくに鶏ふん、豚ふんの施
用によって、作物に寄生するセンチュウ類が抑圧
されるとか、病害が軽減されるという報告もある
^{37,38)}。

(2) 飼料としての再利用

家畜ふん尿は、肥料として農用地に還元するの
が最も自然な利用法であるが、未利用資源の有効
利用という観点と、エネルギーあるいは飼料事情
の変遷から、1970年代に入って、ふん尿を飼料
として再利用しようという動きが活発になった。
肥料としてのふん尿の利用は付加価値の低いもの
であるから、処理のための投資には限界があり、
豚1頭当たり7~8,000円という試算もある³⁹⁾(1974
年、常時500頭として)。しかし、飼料としての
利用が可能であれば付加価値は倍加するであろう。

道内でも、夕張管内で試みられたケースがあり、
筆者等も、白老町の養鶏場で実際に給与されてい
た、発酵鶏ふんをベースにした飼料を供試して、
採卵鶏による飼養試験を行い報告した⁴⁰⁾。供試飼
料と慣行飼料を、乾物比で3:7に混合給与し、
150日齢から500日齢について調査した。その
結果、生産性、鶏の状態など、対照区と全く差が
なく、試験区の鶏ふん中の水分が、対照区に比べ
て5%以上低く、鶏ふん処理には好都合であった。

国の内外を問わず鶏ふんが最も再利用の対象と
して多くの試験が行われているが、NPNの利用
性の高い反芻家畜によって鶏ふん中の豊富なNを
利用し、エネルギー、ビタミン等を単胃の家畜が
利用できればという方向が一般的である。前者に
ついては、農水省白河種畜牧場の「鶏ふんの飼料
化技術開発事業成績」があり、後者については、
福島県畜産試験場で行った詳細な報告がある^{41,42)}
これらについての概要は次のとおりである。

① サイレージ化された鶏ふん飼料は、肉用
牛の飼料として優れ、増体効率よく、未利用資源
として十分活用できる。

② 黒毛和種、ホル雄去勢牛について比較し
た結果、品種間の差異はない。

③ 体重1kg当りのDCP摂取量では差がな
く、TDN摂取量ではホル雄がやや多い。

④ 体型について、8週令毎に10部位測定したが差はなく、標準発育を示した。肥育度指数(体重/体高×100)では、鶏ふん飼料を給与したものが優れていた。

⑤ 供試牛の健康状態に特に悪影響は認められなかったが、一般に軟便を排し、敷料の汚れは一般飼料区に比較して著しかった。解剖所見では、一部に尿路結石、試験牛全部の第4胃に軽いびらんが認められた。

⑥ 枝肉歩留、格付、と体各部の重量に特に異常は認められなかった。

⑦ 特定重金属等の有害物質が体内に蓄積されることはなく、正常値の範囲内であった。

⑧ 食味テストの結果、フレーバー、味覚に差はなく、鶏ふん飼料区がやや軟い傾向を示した。

福島畜試では、乾燥鶏ふん(DPW)と、消臭剤として硫酸鉄を使った鶏ふん(DDPW)について、めん羊、豚、肉牛での飼料価値査定および飼養試験を行ったが、鶏ふん中成分の不斉一性という不安定要素は避けられないものの、飼料資源として十分利用でき、その場合豚よりも牛の方が有利で、乾草程度の飼料成分評価を提唱している。吉田等は質のわるい粗飼料程度と評価している⁴³⁾が、可消化エネルギーでは、良質乾草に匹敵するという報告もある⁴⁶⁾。

鶏ふんを直接牛や豚に給与することへの抵抗性は、洋の東西を問わず潜在的にあるわけであるが、J. S. TEOTIA等は、鶏ふんで家ばえ(*Musca domestica* L.)を繁殖し、その蛹を採集して飼料価値を調べた。その結果、たん白質61.4%、脂肪9.3%で、アミノ酸組成は魚粉に匹敵し、大豆粕よりも良質であると報告している⁴⁴⁾。H. J. Eby, W. L. DENDYはこれをさらに発展させて、ふん尿生物処理プラントを開発、牛ふん、鶏ふんを使って蛹の回収を試みた。その結果、培養基内の環境条件の保持については問題を残したが、装置そのものは、蛹の大量生産上問題はなく、回収率は90%としている⁴⁵⁾。家畜の口に入る前にワンステップおくことができれば、ふん尿の飼料としての利用性は今後拡大するものと推察される。

(3) エネルギー(バイオガス)としての利用

80年代に入ってエネルギー事情は好転してい

るものの、中長期的にみれば関心を持たざるを得ない。ふん尿のエネルギー利用は、諸外国でも古くから行われていることが報道されており、家庭の燃料として利用されている例もあるようである。

養豚経営の場合、暖房は重要で、とくに繁殖豚の飼養管理には欠くことのできないものである。豚生産費に占める光熱水費の割合は、5%程度であるが⁴⁷⁾、豚ふん尿からバイオガスを生産して暖房に利用、余分のふん尿は堆肥として利用、消化汚泥からさらに有効成分を抽出して、最後は全くクリーンな水として河川に放流する、という方式が確立されるならば、けだし理想的な姿である。

豚ふんの発酵処理で触れたように、62年度から、豚ふん尿によるメタン発酵と、ガス化技術の研究が當場ですすすめられることになっているが、次のような問題点がある。

① 冬期の厳しい環境条件で、飼養頭数に見合うような、十分な余剰ガスが得られるかどうか。

② 現在使われているメタン菌は中温菌で、発酵温度37℃におけるガス発生量を100とした場合、25℃で90.4、16℃では41.1と低下すると言われており、低温メタン菌の検索が必要である。

③ 豚ふん、尿汚水を麦稈類に吸着して回収し、これをスクリュープレスで搾汁して、分離した固形物を急速堆肥化するわけであるが、その調製方法。

④ 消化汚泥の処理方法

⑤ 余剰ガスの有効利用法

理論的には、豚100頭から毎日20^mのガスが生産され、その発熱量は都市ガスとほぼ等しいので、標準世帯の平均使用量を2.5^m/日とすると、実に8世帯のガスを供給できることになる。しかし、発酵槽の温度を常時30~40℃に保つ必要があり、余剰ガスの生産に至らない。冬期、発酵槽のインスレーションを如何にするかということ、そして低温メタン菌の開発にかかっているわけである。これについては、工業技術院北海道工業開発試験所が鋭意発掘に取りくんでいる。

消化汚泥については、有効な微生物が多量に含まれているので、これを遠心により回収し、家畜の飼料として利用しようという試みがある⁴⁸⁾。消

化汚泥ケーキのDMは23.4%、一般成分(DM中%)は、蛋白質18.2、脂肪3.5、せん維15.3、灰分36.4で、Ca 4.2%、P 0.85%であった。アミノ酸組成では、メチオニンが欠除している。蛋白質の消化率は52.6%、乾物消化率67.1%で、標準的な仕上げ飼料(牛)の、綿実粕蛋白と置換し得る栄養価と評価している。

む す び

60年と61年の出来秋に、厚真町の堆肥利用組合から、有機質肥料のみで栽培したという「ゆきひかり」が試食用として届けられ、たまたまコシヒカリと対比してみたが、2か年とも両者に全く差はなかった。

収量ばかりでなく、ふん尿を利用することにより、品質から食味まで改善される、というようなデータが今後蓄積され、「家畜ふん尿は廃棄物でなく、重要な資源である」という考えが一般に定着し、認識を深めてほしいものである。そして今後利用面での研究の推進が期待される。

文 献

- 1) 北海道農務部畜産課, 北海道の畜産, 1986.
- 2) 鈴木達彦, 農業および園芸, 57; 165-170, 1982.
- 3) 滝川畜試, 昭和53年度試験会議資料
- 4) 烏山 昇・五味英久・大橋昭也・名古屋繁, 畜産の研究, 34; 765-770, 1980.
- 5) 農業機械化研究所, 研究成績, 53-3.
- 6) 加藤博美・早川孝夫・沢田守男・山川芳男, 愛知県農総試研報, 13; 448-459, 1981.
- 7) 滝沢寛禎・森寄七徳, 北農44-8; 26-61, 1977.
- 8) 福光健二・東村栄之助, 畜産の研究, 35; 772-776, 1981.
- 9) (財)畜産環境整備リース協会, — 家畜ふん尿処理利用システム —, 1986.
- 10) 愛知県農総試, 畜産公害資料, Na I; 43-55.
- 11) 木下忠孝・森下勇治・山川芳男・野田賢治・田中宏幸, 愛知県農総試研報, E(畜産), 第5号; 87-93, 1975.
- 12) 木下忠孝・山川芳男・野田賢治・田中宏幸, 愛知県農総試研報, E(畜産)第6号, 67-72, 1976.
- 13) 山川芳男・早川若夫・加藤博美・田中宏幸, 愛知農総試研報, 第11号; 248-252, 1979.
- 14) 早川若夫・加藤博美・山川芳男・田中宏幸, 愛知農総試研報, 第12号; 380-385, 1980.
- 15) 加藤博美・早川若夫・沢田守男・山川芳男, 愛知農総試研報, 第13号; 448-452, 1981.
- 16) 本多勝男, 神奈川畜試研報71; 15-39, 1981
- 17) 本多勝男, 神奈川畜試研報72; 123-156, 1982.
- 18) 本多勝男, 神奈川畜試研報73; 96-114, 1983.
- 19) 本多勝男・萩原達也・曾我昭新, 神奈川畜試研報74; 69-86, 1984.
- 20) Morrison; Feeds and Feeding
- 21) 小滝正勝, 埼玉養鶏試験報12; 50-59,

- 1977.
- 22) 農業機械化研究所研報 53-5, 1979.
- 23) 小滝正勝・小林正樹, 埼玉養鶏試研報, 16;72-78, 1982.
- 24) 永井澄男・中嶋敏秋・白川比呂志・滝沢寛禎・森崎七徳, 環境研究 21;92-99, 1978.
- 25) 北海道農試研究資料, No.5, 1979.
- 26) 農林水産技術会議事務局研究成果 122, 1980.
- 27) 肥料と環境保全, ソフトサイエンス社,
- 28) 滝沢寛禎, 北農 45-11, 25-62, 1978.
- 29) 原田靖生, 畜産の研究, 37;1079-1086, 1983.
- 30) 加藤博美・早川岩夫・沢田守男・山川芳男, 愛知県農総試研報, 14;387-395, 1982.
- 31) Stanley Papanos and B.A. Brown, Poultry Manure its Nature, Care and Use, Storrs Agr. Exp. St. Bulletin 272, 1950.
- 32) 南 松雄・古山芳広, 北海道立農試集報 17, 73-86:18, 34-47, 1968.
- 33) 河村 精・中村元弘・水本順敏・坂上 朗・河森 武, 静岡県農試研報, 24;76-82, 1979.
- 34) 上野正夫, 山形農試研報, 14;69-81, 1980.
- 35) 中西五十・丹羽美次, 日大農獣医学部学術研報, 37;193-202, 1970.
- 36) 中村照臣・中島敏男, 山口農試研報, 33;43-49, 1981.
- 37) 本間善久・久保千冬・石井正義・大畑貫一, 農水省四国農試研報, 34;103-121, 1979.
- 38) 近岡一郎・藤原俊六郎・竹沢秀夫, 関東東山病虫害研年報 28;140-141, 1981.
- 39) 農林水産技術会議事務局, 研究成果 73;252-255, 1974.
- 40) 滝沢寛禎・森崎七徳, 北農 48- , 11-22, 1981.
- 41) 白河種畜牧場, 鶏ふんの飼料化技術開発事業調査成績, 第1報, 1978.
鶏ふん発酵飼料の肉用牛への給与, 種鶏日本,
- 26, 1981.
- 42) 宇佐見登・早川秀輝・渡辺 実・穴戸正徳・佐藤 博, 福島畜試研報 3;1-33, 1979.
- 43) 吉田 実・星井 博, 日本家禽学会誌, 5;(1);37-39, 1968.
- 44) J. S. Teotia and B. F. Miller, Br. Poultry Sci., 15;177-182, 1974.
- 45) Harry J. Eby, Wallace L. Dendy, ASAE Paper No.76-415 "An Attempt to Mechanize Nutrient Recovery from Animal Excreta".
- 46) A. N. Bhattacharya and J. C. Talor, Animal Sci. 41;1439-1457, 1975.
- 47) 効率的な養豚技術;優良養豚経営事例
- 48) Energy Potential Prepared and Submitted by Bio-Gas of Colorado ;Anaerobic Residue Value as Cattle Feed.