

環境問題に対応する家畜ふん尿処理技術

高 畑 英 彦

帯広畜産大学, 帯広市稲田町西2線11 〒080

1. はじめに

昨年は北海道家畜管理研究会の創立30周年を記念して「21世紀の家畜管理を考える」と題したシンポジウムを開催した。基調講演者の藤田秀保氏(酪農総合研究所)は、家畜ふん尿処理の現状と将来について、畜産公害、ふん尿処理の実態と環境汚染、将来予測されるふん尿関連の規制などについて諸外国の例を引用しながら解説された。藤田秀保氏の講演内容こそ、本日の基調講演に相応しいと考える。本会報31号125-135頁に、その講演要旨が記載されているので、是非読まれることをお勧めする。

今回は、環境問題とからめて北海道酪農のふん尿処理の何が問題になるのか考えてみたい。ふん尿処理と環境汚染問題の関係、現行のふん尿処理法の問題点と対策などについて触れてみたい。

現行のふん尿処理技術を改善する糸口になれば幸いである。

2. 家畜ふん尿と環境汚染の関わり

ふん尿の貯溜過程や処理過程で発生するアンモニア、揮発性アミン類、硫化水素、メルカプタン、酪酸は、悪臭を拡散し悪臭公害を招く。

ふん尿や農耕地の地表から蒸散するアンモニアは酸性雨または酸性霧の原因となり、土壌の酸性化を進め、動植物の生態系に悪影響を及ぼす。

ふん尿が分解する過程で生成する炭酸ガスは地球温暖化の原因であり、農耕地の砂漠化、動植物の生態系の破壊などにつながる。

メタンはオゾン層を破壊し、地球への紫外線到達量を多くする。

以上のように大気汚染に直接的また間接的に関係するガスが家畜ふん尿から発生している。

現実に北海道の雨はpH4~5の酸性雨であり、釧路でpH3.03の酸性霧が発生したことがある。

また、本年4月の北海道上空オゾン層30%減のニュースも報道された。酸性雨に直接関わるNO₂濃度も環境基準0.06ppm以下とはいえ帯広市内で全道ワーストタイ(0.048ppm)を記録するなどディーゼルエンジン排ガスによる汚染も確実に広がりつつあると言える。

一方、ふん尿や畜舎汚水を大量に投棄すると地下に浸透して硝酸性チッソが地表水や地下水を汚染する。土壌中の硝酸性チッソの許容濃度は10mg/リットルであるが、牛舎周辺特に堆肥場付近の土壌はそれをはるかに越えているのが実態である。

ふん尿が河川に流入すると富栄養化し、水系の生態系に悪影響を及ぼし、鮭鱒の遡上を妨げ漁業にも影響が及ぶ。ふん尿の量が土壌微生物による自浄作用の能力を越えた結果である。

畜舎周辺の土壌環境がふん尿によって不衛生になるとサルモネラ菌や病原性大腸菌群の菌床となり、人畜双方の生活環境破壊につながる。

また、ふん尿の農地還元の方法を誤ると、硝酸塩中毒、グラスタニーなど家畜の生命に関わる事態を招きかねない。

以上、家畜ふん尿と環境問題の関わりについて書き並べた。

しかし、北海道の酪農家の多くは、家畜ふん尿が環境に及ぼしている影響をさほど深刻に考えていないようで、ずさんなふん尿処理を続けている例が極めて多い。都府県と比べて一般住民からの

畜産公害の訴えが少なかったことや自分の牧場に直接的被害が現れなかったことが、ふん尿対策の遅れを助長したと言える。

これからの家畜ふん尿処理は、畜産農家だけの問題ではなく、地球環境を守るという意味からも重要な作業である事を強く認識すべきである。畜産農家単独で解決できる問題と広域的に解決すべき問題とあるが、ふん尿問題が解決しなければ酪農の継続も危なくなることを認識すべきである。

3. 好気性発酵処理で環境汚染防止ができるか

北海道で一般的なふん尿処理方法はふん+汚染敷料の堆肥化処理とスラリーの曝気処理であろう。

これらは易分解性有機物の分解を目的とする処理であり、一種の脱窒処理でもある。通風や曝気による好気性発酵処理過程及び貯蔵期間中にアンモニアが蒸散する。ふん尿の総チッソ量の一部は不揮発性の炭酸アンモンに変わるが、約40%は気中に蒸散すると考えられる。また蒸散したアンモニア性チッソのかなりの量が湖沼の表層水に溶け込むことが知られている。

Sawyerらは、無機チッソの臨界濃度は1年間で0.3mg/リットルとし、これを越えれば藻が繁茂しはじめるとしている。湖沼の表層水の無機チッソ濃度やアオコ、藻の有無が大気汚染の目安になると考えて良いであろう。

さらに完熟堆肥や熟成スラリーを土壤に散布した場合でも肥料チッソの15%が気中や地下水に散逸し、作物収穫後の残存チッソ（地力チッソ）についても同様に散逸し、結果的に肥料チッソの20~25%が無駄になることが知られている。すなわちふん尿に含まれるチッソの約半分が有機質肥料として利用される事になる。

アンモニア性チッソは硝化菌の作用を受け硝酸性チッソに変わり、地表水及び地下水に溶け込み汚染する。

従来のふん尿処理法では、アンモニア蒸散によ

る大気汚染は避けられず、液分の流失は地下水の汚染を伴う。しかし、堆肥盤のれき汁溜めや尿溜め、スラリータンクの容量を十分に確保できれば地下水の汚染は防止できる。

また、好気性発酵処理は悪臭物質を最終的に無機の無臭物質に変えたり、不揮発性物質に変えるため除臭処理として知られているが、現実には処理の過程でかなりの悪臭を気中に放出する。

特にふん尿スラリーの処理過程の悪臭除去が大きな課題として残っている。

結論として、好気性発酵処理はふん尿を有機質肥料として利用するための処理技術として一般的であるが、環境汚染問題に対応する処理技術としては不十分と言わざるを得ない。

しかし、未熟の有機質肥料の農地還元は急激なアンモニア蒸散を招き、牧草や作物に悪影響を与える。熟成処理を徹底することは、農地の肥沃化につながり、酪農を続けるために不可欠である。

現時点で酪農家単独で可能な環境汚染防止は、液分の流失防止とふん尿の熟成処理である。特に堆肥は農地の地力増進に効果が大きく、ふん尿の好気性発酵処理は、今後とも必要な処理技術である事に変わりはない。

4. 嫌気性発酵処理の長所と短所

ふん尿中のわらその他の粗大固形分を分離し、固形分は堆肥化し、液分は嫌気性発酵（メタン発酵）処理をする処理方式がある。密閉タンクの中で処理するため悪臭の拡散が少なく、生成ガスを用いてガス攪拌をすれば、アンモニアを不揮発性の炭酸アンモンに変え、アンモニアの蒸散を押さえる。消化汚泥の量は、他の処理法よりも少ない。

メタン約60%、炭酸ガス約40%の可燃性バイオガスを生成し、ガスは発電用熱源及び発酵槽温度維持の熱源に利用できる。生成ガス中の硫化水素は脱硫装置で除去できるなどの特長がある。

これらの長所から環境汚染を防止する処理法と

して関心を集めている。都市下水の終末処理場では早くから導入している浄化処理法である。

消化脱離液を農地に還元するには、さらに曝気処理を行い酸化還元電位（ORP）を±100mVに調整する必要がある。

処理工程が複雑であるが、現行の好気性処理方式よりも環境に優しい処理と言えるであろう。

残念ながら、嫌気性発酵処理施設は初期投資額があまりに莫大であり、小規模の施設では経済性が出ない。しかし、処理量の規模が大きくなるとスケールメリットがあり、採算性が出てくる可能性がある。

現段階では農家単位の処理施設としての実現性は低い、広域的な集中処理施設としては外国に実施例があり、日本でも養豚業で採用し始めている。酪農分野でも、将来は国策的に取り組むべき課題と考える。

5. ECにおける家畜ふん尿処理

ヨーロッパでは酸性雨の影響が森林や湖沼、地下水に現れ、環境汚染の問題が非常に深刻であり、複数の国家が協力して自動車の排気ガス規制や畜産廃水処理に対する法的規制を設けている。規制内容は国によって程度の差はあるが、農地面積に対する家畜頭数の上限、ふん尿の農地還元量の上限、ふん尿の貯蔵量の下限、農地還元の時期指定、ふん尿の還元方法の指定、ふん尿散布計画書の提出義務などなどでかなり厳しい。これから先、さらにスラリータンクや堆肥盤の屋根取り付けの義務付け、曝気処理の禁止、除臭装置の義務付けなどふん尿処理の技術規制が強化される動向にある。

規制を強化する一方では、家畜ふん尿の肥料成分を抽出する化学肥料製造法（西独）、ふん尿の固形燃料化と燃焼ガスの浄化法（フランス）、消化脱離液の浄化処理（デンマーク）などの研究活動も行っているが、テストプラント段階で、コストの問題が大きく実用化の目途は立っていないよ

うである。

ECの中でもデンマークは環境保全運動に積極的で、地域を単位とする集中処理施設（メタンガス発電プラント）を1986年に企画して、1992年までに国内11ヶ所にパイロットプラントを建設した。家畜ふん尿の他に食品工場などの有機廃水、生ゴミも処理の対象とする大規模な処理工場である。処理済みの消化液は農地に還元する。政府はこの集中処理方式の使用効果について実験的調査を続けていたが、現在、その成果を公表し、この方式を国策的に推進しようとしている。

日本は大気や水の環境基準は設けているものの家畜ふん尿処理についてはほとんど現場まかせで農場単位の処理施設、付帯機械、肥培かんがい施設の助成事業を行っているに過ぎない。

EC以上に速いペースで環境破壊が進んでいる状況にある日本でありEC並みかそれ以上に厳しい規制処置が取られるようになるのは時間の問題であると考え。すなわち、日本も将来はデンマークのような地域単位の集中処理施設を考えなければ環境汚染に歯止めを掛けられない状況にあることを強調しておきたい。

6. 北海道酪農のふん尿処理の現状と課題

北海道酪農は、表1に明らかなように農家戸数が激減し、一戸当たりの乳牛飼養頭数が増加し、酪農経営規模の拡大が進み、今なお、その傾向は続く状況にある。

その過程で牛舎の増設・改造・新築などを行い、バンカーサイロの増設やロールベールサイレージの調製によって自給粗飼料を確保している。しかし、販売利益に直接結び付かないふん尿処理施設の増設は後回しにして、まだ手を付けていない事例が多い。特につなぎ飼いからフリーストール方式に転換した酪農家は、家畜ふん尿を邪魔な廃棄物扱いにしている事例が多いように見受けられる。

その結果、ふん尿の施設外への垂れ流し、未熟

表1 根室・十勝の酪農規模の変遷

	根室地域				十勝地域			
	昭和40	50	60	平成7	昭和40	50	60	平成7
戸数	3,451	2,570	2,270	1,920	9,188	6,360	3,870	2,590
乳牛頭数	39,629	103,160	154,400	176,800	62,485	136,550	182,600	212,000
頭数/戸	11.5	40.1	68.0	92.1	6.8	21.5	47.2	81.9
乳量/経産牛kg	4,113	4,565	5,967	6,748	—	4,236	6,254	7,523
草地面積 (ha)	28,700	81,400	102,500	107,800	58,800	102,500	97,200	105,900
コーン (ha)	608	53	782	284	7,920	17,000	21,000	16,000
農地/牛 (ha/頭)	0.71	0.70	0.61	0.54	1.00	0.87	0.44	0.32

注: 牛1頭当たりの農地面積は(草地+コーンの面積) / (乳牛+肉牛の頭数) により求めた数値である。

堆肥や未熟スラリーの過剰施用、余剰堆肥の野積み放置、素堀池による余剰スラリーの貯溜など環境汚染につながる処理事例が多くなっている。

これらは、ふん尿処理施設の容量不足がもたらした環境汚染である。酪農家の草地飼料作面積はふん尿生産量に見合う形で増えず、ふん尿の貯溜施設容量が足りず、心ならずも環境汚染を引き起こしているのが実情であり、ふん尿を有機質肥料として有効活用する以前の問題が山積している。

北海道酪農の飼養頭数規模はEC並みになったと言われるが、一頭当たりの飼料作、草地面積は減少の一途である。

ECの草地単位面積当たり家畜ふん尿のチッソ負荷量の上限規制値は(200~250kg・N/ha)である。北海道の地域別チッソ負荷量は酪総研の志賀一氏(1994)によると、ha当たり石狩440kg、

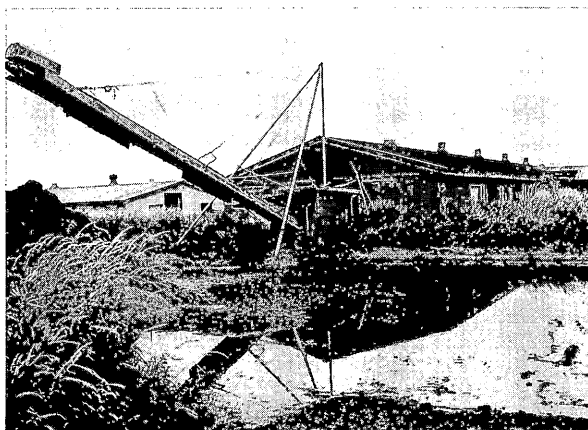


写真1 堆肥盤にできた水溜まり

十勝321kg根釧135kg、斜網北紋230kg、宗谷天北106~124kg、日高69kgなどであり、ECの上限負荷量を越えている地域がある。平均的にふん尿過剰の状態になっている地域では、チッソ過剰に対応するふん尿処理技術が今後の大きな課題である。

今後、石狩や十勝などでは余剰ふん尿を畑作農家に活用してもらう体制作りが必要になるであろう。十勝の鹿追町では、酪農と畑作の農地の交換利用によってふん尿還元圃場の拡大と畑作農地の地力増進を狙っているが、広域的なふん尿処理の取組み事例として素晴らしい企画であると考えられる。

この計画を軌道に乗せるためには、有機質肥料としての十分な熟成処理が極めて重要である。

地力増進効果が出なければ、この事業は挫折してしまう恐れがある。



写真2 堆肥盤のふん尿が流れ出ている様子

7. 家畜ふん尿の有機質肥料としての熟成処理

(1) 堆肥の熟成処理について

家畜ふん尿中の有機物含量は固形物の約80%であり、その内の40%が糖質を主とする易分解性有機物である。生のふん尿を散布すると土壌菌による急激な分解作用を受け、土中の酸素を大量に消費し土壌中に炭酸ガスが充満する。その結果嫌気性菌が働き、植物の根に有害な有機酸やメタンを作ったり、一時的なチッソ飢餓の状態を作り出し、植物に悪影響を与える。これを避けるため易分解性有機物を散布前に分解する操作を熟成処理と言う。すなわち有機質肥料のチッソは、難分解性チッソが主体であり、土壌菌が徐々に分解して無機の植物栄養に変えるため、これを地力チッソと呼び遅効性肥料として働く。

堆肥中の敷料は難分解性であり、水分調整材としての効果大きい。敷料が多いとC/N比が高くなり、土壌の物理性を改善する作用が大きくなる。土壌を団粒構造に変え、通気性、保水性、排水性、保肥性を向上させ、土壌生物、微生物、土壌菌の多い肥沃な土壌に変えることになる。すなわち、堆肥は速効性肥料としてよりも土壌改良材



写真3 本別町(株)吉田鉄工が考案したバークリーナ用の固液分離装置、上方の二つのロールで搾る。

としての効果に期待すべきである。

堆肥の調製に当たり、原料の水分調整が重要である。ふん尿を固液分離したり、吸水性の良いわら、オガ屑、戻し堆肥などを用いて水分を70~75%に調整すると70℃以上の高温発酵が可能になる上、熟成処理の期間も短くできる。その上、家畜ふん尿の中に混入する雑草種子、病原性大腸菌群、寄生虫卵などを高温下で死滅させることができる。堆肥の切り返し作業の際、外側の低温の部分が内部に入るような切り返しを行うと、上記の処理効果がより向上する。

最近、十勝でバークリーナのエレベータに取り付けるロール搾汁式の固液分離装置が考案されたが、ふん尿の固形分の約半分が液分に移行し、堆肥盤に排出される汚染敷料の水分は75~80%に調整できると言う。この装置は良質の堆肥生産に直結すると考えられ、使用効果に期待しているところである。

堆肥の熟成期間は、切り返しの方法や間隔と回数にもよるが、切り返しをしても温度が上昇しなくなったら熟成したと見なしている。しかし、オガ屑やバークなどの木質の敷料を使用した場合は、フェノール酸を十分に蒸散させてから施用する必要がある、さらに2~3ヶ月熟成期間を置く必要がある。

(2) スラリーの熟成処理

スラリーはふんと尿の混合物で、固形分濃度は9~11%である。曝気処理を行うと易分解性有機物中のチッソはアンモニア性チッソの形になる。スラリー中のアンモニアは蒸散しにくい。すなわち、スラリーは速効性と遅効性の両方の肥料チッソを含む。遅効性の堆肥や速効性の尿の中間的な肥料特質を有する。農地に還元するときはスラリーに水を加え、水分が95%程度になるようにすると粘性が低下し散布しやすくなる。その上、アンモニアの蒸散を抑え、土壌との親和性を向上させる効果が出る。

曝気処理を効率的に行うためには、スラリーの水分を93%以上になるよう加水調整する事が重要である。当初は泡がタンクから溢れない程度の曝気を間欠的に行い、徐々に曝気量を多くする方式で行う。

液温20℃で約15日（30℃で約10日）の曝気処理で易分解性有機物はほとんど分解する事が分かっている。分解が終りに近付くとアンモニア性窒素の増加速度が減少する。pHが8に達したら連続曝気は止め、その後はスラリートank内が嫌気状態にならぬ程度の少量曝気を間欠的に行うと良いようである。スラリーの色が暗褐色に変化し、ふん尿固有の悪臭が消えた状態を持続できる。

もし、処理後放置してタンク内が嫌気状態になると、約10日ほどで悪臭物質が新たに生成され、再度、攪拌または曝気を行うと強烈な悪臭を拡散することになる。

なお、スラリートankの壁体を断熱処理して曝気すれば、温暖期なら液温を50℃以上に上げられることは実証されている。高温下では有機物の分

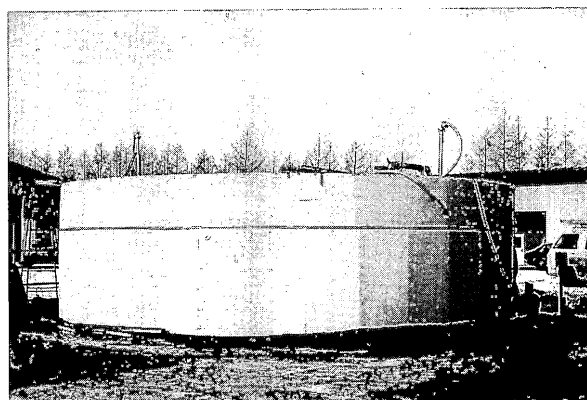


写真4 周りにスタイロフォーム（厚さ10cm）を巻き付けた断熱スラリートank

解速度が早く処理機関の短縮ができ、その上雑草種子、病原性大腸菌群、寄生虫卵を死滅させることができる。病原性大腸菌による食中毒が騒がれているこの頃であり、ふん尿の衛生的管理の意味からもスラリートankの断熱処理は、是非普及させたいものである。

以上環境問題とのからみでふん尿の熟成処理の要点を述べた。ふん尿の肥料としての施用法については出版物も多く、そちらを参考にしてふん尿の効率的活用を研究していただきたい。