

家畜排せつ物起源アンモニア発生の測定

農研機構 畜産草地研究所 長田 隆

はじめに

家畜排せつ物の不適切な取り扱いが、広域の環境汚染の一因となることが指摘され、「家畜排泄物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が 2004 年 11 月に本法律が本格施行となった。しかし、農林水産省生産局畜産部 (2002 年) の調べによれば、畜産経営を起源とした苦情発生状況は近年一貫して減少しているものの、依然として悪臭関連と水質汚濁関連で千件を越えているのが現状である。様々な処理過程を経て、ふん尿の多くは有機性肥料として耕種農業利用されている。その過程で発生するアンモニアは制御不能な窒素肥料として国土全体に広く振りまかれている。

家畜排せつ物の量、性状と主要畜種ふん尿の取り扱い

日本で年間に発生する家畜ふん尿総量は、ふんが 5934 万トン、尿が 2729 万トンで、合計 8663 万トンに達する (表 1: 2008 年 2 月の統計値より算定)。この、国内最大の有機性廃棄物中には 1020 万トンの有機物と 67 万トンの窒素が含有されている。家畜ふん尿は畜種や飼養形態などによって様々な性状を呈し、各々の特性に応じた貯留・搬出および処理がなされている。

乳用牛では 敷料を用いてできるだけ固形分としてふん尿を堆肥化处理し、分離された液分については汚水処理あるいは液状肥料として採草ほ場 (圃場) に散布する方式 (固液分離処理) と、敷料の使用はないか最小限で、ふん尿を混合した状態 (スラリー) で貯留・処理した後、適切な時期にほ場散布する方式 (混合処理) に大別される。畜草研実施の調査 (2007) で得られた平均値では、前者は含水率 79.5%、窒素 2.5 % (乾物当たり)、後者は含水率 76.3%、窒素 2.7 % (乾物当たり) の固形物が搬出・堆肥化されていた (平均値)。また前者の液分が 500ppm 程度の窒素濃度であるのに対し後者からの液状物は約 3000ppm の高濃度であった。

表 1 家畜排せつ物の年間発生量と含有有機物、窒素およびりん (2008)

畜種	飼養頭羽数 ×千頭羽	排せつ物量 (千 wet-t)			有機物・窒素・リン排せつ量 (千 wet-t)		
		ふん	尿	合計	有機物 (O.M)	窒素(N)	リン(P)
乳用牛	1,533	19,316	5,703	25,019	3,119.0	122.9	17.1
肉用牛	2,845	19,261	6,970	26,231	3,501.8	132.8	16.1
豚	9,745	7,874	14,618	22,491	1,647.9	151.8	32.4
採卵鶏	181,664	8,011		8,011	1,201.7	160.2	30.4
ブロイラー	102,987	4,882		4,882	732.2	97.6	11.2
Total		59,343	27,291	86,634	10,202.6	665.4	107.2

*O.M : Organic Matter , N : Nitrogen , P : Phosphorus

豚についても固液分離と混合の両方式があるが、汚水処理の経費やメンテナンスの問題から固形物処理系に処理の主体を置くケースが多い(同調査で搬出固形分の含水率71.0%、窒素5.3%(乾物当たり))。肉用牛については多量の敷料とともに、ふん尿込みで全て堆肥化(含水率65.8%、窒素1.7%(乾物当たり))、また鶏については敷料の有無にかかわらず、堆肥化処理によってふん尿処理のすべてをまかなう事例が多い(ウインドレス鶏舎の採卵鶏で含水率63.5%、窒素5.8%(乾物当たり))。

アンモニア発生場所の調査

主要な家畜である牛、豚、鶏について、2000年～2002年の3年間に合計18農家に季節毎に年4回の調査を行った(代永ら、農林水産バイオリサイクル)。畜舎内の気体を採取して対象物質濃度を測定すると共に舎内ふん尿を採取し分析した(表2:長田ら2003)。

気体のデータの一部を、各畜種別、施設別に表2に示した。この調査では季節的要因についての検討を行ったが、それぞれの項目についてばらつき

表2 家畜ふん尿管理施設におけるアンモニア

大区分	中区分	検体数	アンモニア(ppm)			
			平均	SD	最小	最大
搾乳牛	搾乳牛舎	109	1.3	1.1	0.1	7.5
	搾乳堆肥舎	48	1.9	2.5	0.1	15.0
	搾乳汚水処理	41	2.3	6.5	0.1	35.0
肥育牛	肥育牛舎	23	1.2	0.6	0.5	2.5
	肥育牛堆肥舎	27	2.0	4.0	0.1	15.0
養豚	豚舎	40	2.2	2.3	0.0	10.0
	豚汚水処理	58	21.6	51.5	0.0	250.0
	豚堆肥化施設	48	357.6	1085.5	1.0	6000.0
鶏	鶏舎	27	1.5	1.0	0.0	5.0
	鶏ふん施設	28	369.9	736.2	3.0	2500.0
	肉鶏舎	4	3.9	2.6	0.0	5.5

をさらに解析して誤差を管理する必要がある。特に養豚・養鶏のふん尿処理からのアンモニアと、搾乳牛・養豚の汚水処理施設からのメタン・亜酸化窒素といった温室効果ガスの放出が顕著であることが確かめられた。これらふん尿処理系からの発生には、処理対象の性状や汚濁物質濃度、あるいは処理過程の進行によって大きく変化すると考えられる。

搬出されたふん尿の主な処理方法

日本のふん尿処理の主体は堆肥化であり、ふん尿中窒素の約41%が堆積型堆肥化で、強制通気型の堆肥化で25%が処理されていると推定される(表3:平成9年農水省生産局調査)。次いで乾燥(天日・火力乾燥)、スラリ貯留や汚水浄化処理などが行われている。嫌気性消化(メタン発酵)を除くふん尿処理システムでは処理段階で有機物分解に伴うアンモニア発生が観測される。

表3 主要な家畜の排せつ物ごとの処理割合(処理戸数の比率、各区分の主な処理に着色)

		乳用牛	肉用牛	豚	採卵鶏	ブロイラー
ふん尿 分離処理	天日乾燥	2.8	1.5	7.0	30.0	15.0
	火力乾燥	0.0	0.0	0.7	3.0	0.0
	強制発酵	9.0	11.0	62.0	42.0	5.1
	堆積発酵	88.0	87.0	29.6	23.0	66.9
	焼却	0.2	0.5	0.7	2.0	13.0
	尿	強制発酵	1.5	9.0	10.0	
ふん尿 混合処理	浄化	2.5	2.0	45.0		
	貯留	96.0	89.0	45.0		
	天日乾燥	4.7	3.4	6.0		
	火力乾燥	0.0	0.0	0.0		
	強制発酵	20.0	22.0	29.0		
	堆積発酵	14.0	74.0	20.0		
ふん尿 混合処理	浄化	0.3	0.0	22.0		
	貯留	61.0	0.6	23.0		

(畜産技術協会, 1999)

堆肥化処理からのアンモニア揮散

堆積型堆肥化処理は畜舎から搬出されたふん尿、およびふん尿と敷料などの畜体保護資材との混合物を堆肥舎内に1 - 2 m程度に堆積して数ヶ月の間、1 - 2週間程度の間隔で切り返し(天地返し)をしながら好氣的な分解を行う処理である。2 - 6ヶ月程度の処理期間の間に易分解性有機物の好氣的な分解によって取扱いしやすい資材となり、好氣性分解の結果として発生する最高70度程度の堆積物品温上昇で病原性微生物が抑制され、安全な有機性肥料へと変換する。乳牛ふんと肉牛ふん尿の多くがこの堆肥化処理方法で処理される。

堆積型堆肥化処理からの環境負荷ガス発生についてチャンバーを使い一定の通気量で換気を行い定量評価した。主要4畜種のふん尿堆肥化期間中、アンモニアは堆肥化開始時に高く、切返しの後に発生が顕著に増加した。また環境温度の上昇に伴う日間変動を繰り返して2ヶ月程度発生が継続する。発生係数は畜種毎に異なり、搾乳牛と肥育牛の堆肥化からそれぞれ44-91gN/kgN、11-36gN/kgNと堆積混合物窒素の10%以下に止まる。肥育豚ふん尿堆肥化からの発生は236-254gN/kgN、採卵鶏のふん尿堆肥化からの発生は268-366gN/kgNと堆積混合物窒素の2-3割がNH₃-Nとして揮散する。

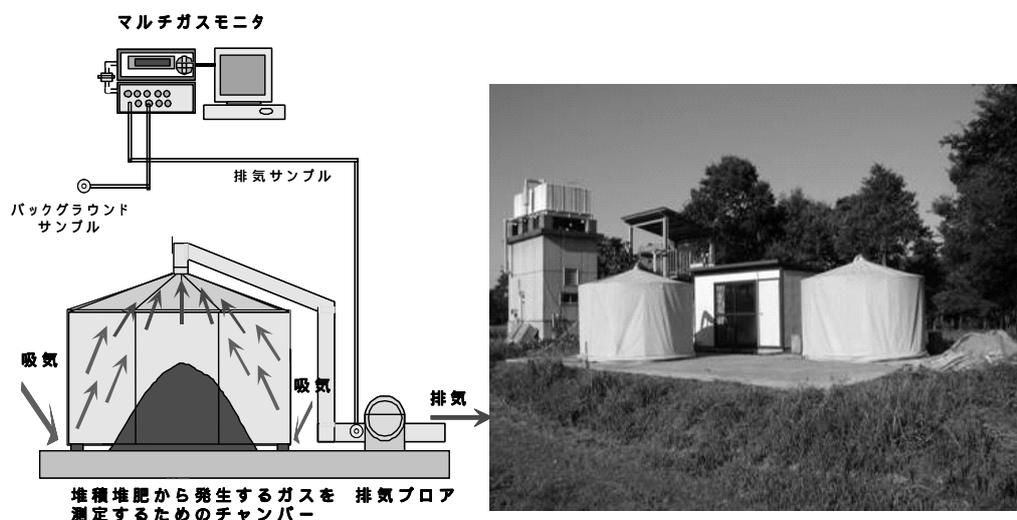


図1 堆積型堆肥化処理からの温室効果ガス発生測定

堆肥化処理をより迅速に、好氣的に進行させるために切り返しを専用機械で高頻度(1日に1回以上)で行う、あるいは堆積混合物の底面からのプロアによる通気を行うことで堆肥化処理期間を2 - 4週間程度に短縮する方法が、強制通気型の堆肥化処理である。

この処理機械には、ここで紹介する密閉型のシステムと開放型のシステムがある。強制通気型堆肥化処理は臭気低減や処理生産物の広域流通を想定した日本独特の処理方式であり、ふん尿処理起源の温室効果ガス削減の可能性がある。

強制通気型堆肥化処理のうち、密閉・縦型堆肥化装置について実施で発生を評価する調査が始まっている。比較的外気との接触が制限される本処理装置においても、発酵槽内の温度は30-70の間で変動している。この温度変化は完成堆肥の装置下部から取り出しと発酵槽への生ふんの投入作業とも関係があった(豚ふんの投入間隔)。豚ふんの処理過程では3施設で延べ9度の測定期間に平均160 gN/kgN程度のNH₃-N揮散が観測されている。鶏ふんに関しては防疫上の問題から調査が2度に止まるが10日

間程度の処理期間で NH₃-N 揮散は数%と算定された。これはウリカーゼ生産細菌の尿酸分解活性が 60 以上の高温条件下で低下することが原因と考えられる (村上ら 2001)。

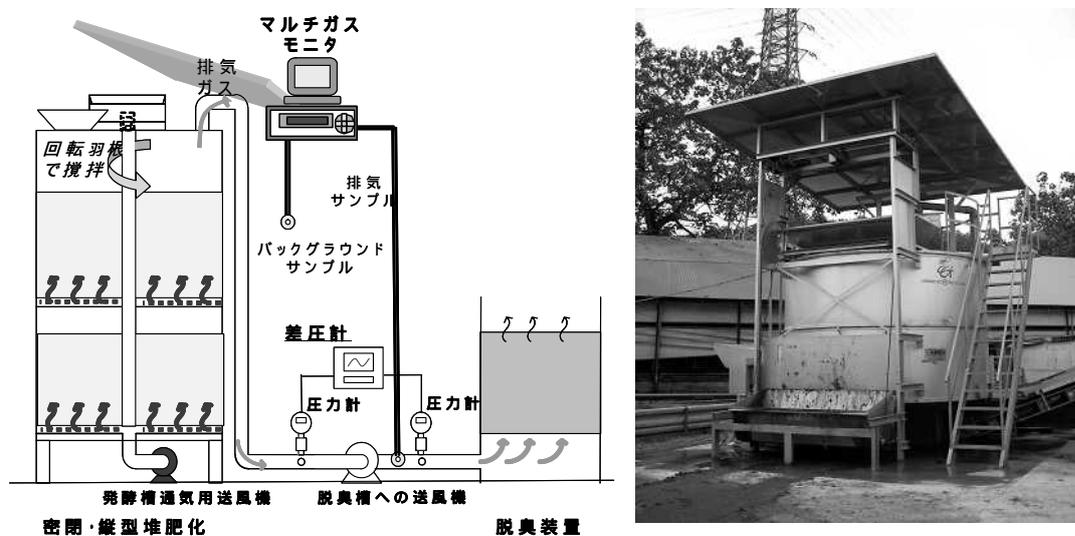


図2 密封縦型堆肥化処理施設 (強制通気)からの温室効果ガス発生測定

アンモニア揮散の抑制

堆肥化処理では酸化的な易分解性有機物の分解により窒素の無機化と品温上昇が避けられない。良好な堆肥化処理を維持しつつ混合堆積物中のアンモニア生成を止めるのは困難と思われる。脱臭装置や効果的な脱臭資材が論文等で提案され、その多くが原理的にもアンモニア捕集可能であることが示されている。ふん尿からは排せつ直後からアンモニア揮散が始まり、土壤に還元される際にもアンモニア発生は起こる。現実の発生源処理に広く適応が可能で、発生変動にも追従し、捕集窒素化合物を効率よくリサイクルできるシステム構築が求められている。

参考資料

- ・ 農林水産省統計情報部：環境保全型農業調査畜産部門調査結果の概要 (平成9年2月調査) (1998)
- ・ 環境省 (2006) National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan, <http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/2007/nir2007ver5.0j.pdf>
- ・ (社)畜産技術協会 (2002)「畜産における温室効果ガスの発生制御 総集編」
- ・ 代永道裕ら：採卵鶏農家の環境評価に必要なふん尿処理関連原単位の策定、畜草研究成果情報第3巻 No.39 (2003)
- ・ 長田隆：家畜排泄物からの環境負荷ガスの発生について(総説)日畜会誌 Vol.71(8) p167-176 (2001)
- ・ 長田隆、ら：畜舎内のアンモニア、メタン及び亜酸化窒素の濃度と舎内環境、におい・かおり環境学会誌 35巻1号 pp21-27(2004)
- ・ 波多野隆介・犬伏和之編：家畜糞尿処理に伴う温室効果ガス発生の測定、続・環境負荷を予測する、博友社、ISBN4-8268-0202-1、205-220 (2005)