

飼料イネに対する牛尿の施用試験

白石 誠・佐藤和久*・大家理哉**・正吉輝彦***・吉田拓司***・脇本進行
・内田啓一・古川陽一・奥田宏健

Application to the rice plant of cow urine

Makoto SHIRAIISHI・Kazuhisa SATOU・Masaya Ooya・Teruhiko MASAYOSHI・Takuji YOSHIDA
Nobuyuki WAKIMOTO・Keiichi UCHIDA・Youichi FURUKAWA and Kouken OKUDA

要 約

牛尿の利用法は、圃場還元が主に行われてきたが、環境問題等により新たな利用法が求められている。そこで、牛尿の有効利用をはかるため、飼料イネ水田への施用試験を実施した。

- 1 牛尿は、アンモニア態窒素を多く含んでおり、追肥として活用できた。
- 2 牛尿は、施用時に硫黄化合物類を中心とした臭気が発生した。
- 3 牛尿を施用した水田は、地力が低かったにもかかわらず、化成肥料を施用した区と同程度の収量が得られたことから、牛尿の追肥利用の可能性が認められた。

キーワード：牛尿 利用 飼料イネ 悪臭

緒 言

近年、家畜排泄物の管理、施設整備及び利用の促進を目的とした「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用促進に関する法律」の施行により、ふん尿処理施設の未整備農家では、ふん尿処理対策は緊急を要する課題となっている。このような状況の中、ふんは堆肥化処理を中心とした技術が確立していることから、処理施設の整備が進みつつある。一方、貯留尿はこれまで浄化処理または圃場散布が行われてきているが、浄化処理についてはコストが高く敬遠されがちである。また、貯留尿の利用として最も行われている圃場散布については、多頭化による圃场面積の不足及び散布時の臭気問題等により、自己完結が非常に難しくなっている。したがって、貯留尿の自家利用以外の方法として、最近、水稻への利用が研究されてきている。特に、圃場を持たない養豚からの貯留尿の利用については、安西ら²⁻⁵⁾の詳細な研究がある。また、貯留牛尿についても、上田ら^{1,2)}が流入施用法も含めた研究を行っている。そして、佐賀県^{1,3)}では、散布時臭気を低減させ地域として貯留尿を有効利用している取り組み事例がある。また、谷田ら^{1,0)}は貯留牛尿の汎用的な液肥化利用を念頭に、牛尿中の大腸菌群の消長と臭気の低減効果を検討している。

一方、水田における稲作は、需給安定のため、生産調整面積が拡大されつつあることから、飼料イネが水田農業の振興と自給飼料基盤の拡大に有効な作物と位置づけられている⁷⁾。

そこで、これまで利便性が悪く活用の遅れていた貯留牛尿の利活用を図り、有機資源リサイクルに貢献するため、飼料イネ水田等への施用実証を行い、肥料としての可能性について検討した。

材料及び方法

1 実証水田の概要

試験地は岡山市幸田地区で、当地区の酪農家1戸の牛尿及び水田を使用した。当地区は平成13年から面積約10haの飼料イネ生産に取り組んでいるが、食用米として作付けしている品種は晩生種のアケボノ、ヒノヒカリが用いられている。今回の、実証水田保有農家は乳用経産牛45頭を飼育する畜産農家であり、例年、飼料イネの刈り取り後イタリアンライグラスが栽培されていた。

2 試験区分

試験区分を表1に示した。実証水田の栽培慣行法は肥料に堆肥のみを用いた方法であり、このような従来通りの栽培法を慣行区1とした。これに、基肥として堆肥と化成肥料LPコート(100日

タイプ)を用いた慣行区2と追肥に牛尿を用いた実証区の3区分を設定した。

供試品種はヒノヒカリとして、播種量は10a当たり7kgとした。栽培方法は乾田直播きで6月6日に播種し、10月2日に収穫を行った。

表1 試験区分

	圃場面積 (a)	基 肥			追 肥			合 計	
		堆肥施用量 (kg/10a)	窒素量 (kg/10a)	化成肥料 (N-kg/10a)	牛尿施用日 1回目 2回目	牛尿施用量 (L/10a)	窒素量 (kg/10a)	窒素量 (kg/10a)	
慣行区1	20.46	2,000	7.7	-	-	-	-	-	7.7
慣行区2	22.45	2,000	7.7	2.5	-	-	-	-	10.2
実証区	17.08	2,000	7.7	-	7月5日	8月5日	493	2.5	10.2

3 試験期間

試験期間は播種から刈り取りまでの平成14年6月～10月とした。

4 牛尿成分

試験開始前の牛尿成分を表2に示した。調査項目はpH、EC、COD、BOD、Kj-N、NH₄-N、SS、P₂O₅、K₂O、Na₂O、CaO、MgO、含水比、強熱減量と強熱残留物及び大腸菌群数である。分析方法は、CODが過マンガン酸カリウム30分加熱法、BODはウインクラーアジ化ナトリウム変法、Kj-Nはケルダール分解法、NH₄-Nはプレムナー法、SSはガラス繊維濾過法、P₂O₅はモリブデン酸比色法、K₂O、Na₂O、CaOについては原子吸光法、大腸菌群数は最確数法により測定した。

表2 牛尿成分

	含水比	pH (原液)	EC (mS/cm)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	Kj-N (%)	NH ₄ -N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	現物中
											大腸菌群数 (MPN/100ml)
牛 尿	2,640	8.86	47.8	15,700	630	0.64	0.58	0.01	1.12	0.03	230

5 牛尿施用法

乳牛から排泄されるふん尿は、畜舎内のバーンクリーナで固液が分離され、ふんは堆肥舎で堆肥化し、尿は尿槽に貯留して利用されていた。水田への施用法は、吉岡^{1,3)}の方法を用いた。すなわち、牛尿投入用タンクに所定量の牛尿を投入後、牛尿の悪臭防止とリン酸の添加を目的に、食品添加用リン酸(1.3%)と発泡防止用に食添用シリコン(0.001%)を添加し、pHを低下させてから水田に投入した。施用法は圃場を水でひたひたの状態にしておき、牛尿を30～60分間投入用タンクから用水と同時に流し込み、さらに、牛尿投入終了後30分程度押水を行った。施用日は第1回が7月5日、第2回が8月5日であり、第2回目にはリン酸を添加しなかった。

6 調査項目

(1) 臭気調査

臭気調査は、1回目を7月5日、2回目を8月5日の牛尿施用日に行った。臭気は農家の畜舎内での投入牛尿作成時と、水田では図1に示した地点で水田施用開始30分後に採取し測定した。測定項目は、アンモニア、硫化水素(H₂S)、メチルメルカプタン(MM)、硫化メチル(DMS)、二硫化メチル(DMDS)の硫黄化合物類4成分とプロピオン酸(PA)、ノルマル酪酸(n-B)、イソ吉草酸(i-V)、ノルマル吉草酸(n-V)の低級脂肪酸4成分とした、分析方法は、アンモニアは検知管で、硫黄化合物類はFPD付ガスクロマトグラフ、低級脂肪酸類はFID付ガスクロマトグラフを用いた。

(2) 土壌分析

土壌分析は、土壌環境分析法(1997、博友社)に準じ、基肥投入後と収穫後に調査した。調査項目は、pH(H₂O)、EC、T-N、T-C、CEC、可給態リン酸(Truog法)、交換性塩基(K₂O、Na₂O、CaO、MgO)等であった。さらに、牛尿投入時に、30分毎に3回田面水中のNH₄-Nをプレムナー法により調査したが、その採取部位を図1に示した。また、近年問題となっている地下水への浸透を調査するため、土壌溶液を20cm及び50cmの深さで採取してプレムナー法によりNH₄-N及びNO₃-Nを測定した。

(3) 生育状況及び収穫時調査

イネの葉色(SPAD)、茎数、草丈は7～14日間隔で測定した。また、収穫時の調査として、

桿長、穂長、穂数、葉色及び生草重等を測定した。さらに、飼料成分の調査としては、水分、粗蛋白、繊維とカルシウム、リン、マグネシウム、カリウム等のミネラル及び硝酸態窒素を測定した。

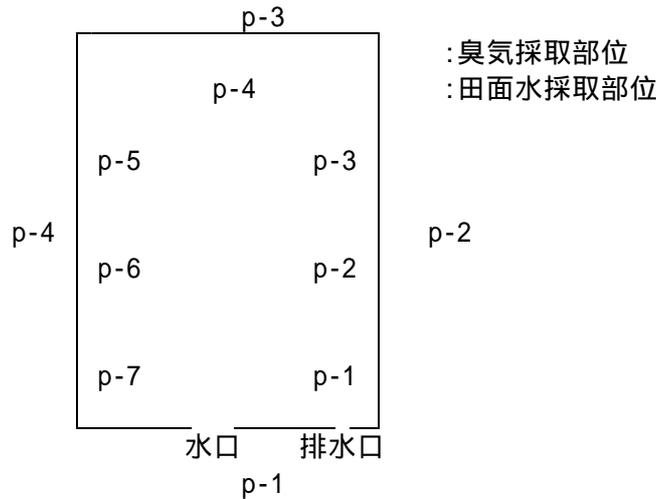


図1 臭気及び田面水採取部

結 果

1 臭気調査

臭気調査の結果を表3に示した。農家の畜舎において、投入牛尿へのシリコン及びリン酸を添加調整中に臭気を測定した。その結果、1回目では、アンモニア 3.5ppm、H₂S 0.1079ppm、MM 0.0063ppm、DMS 0.0044ppm、DMS 0.0024ppm、PA 0.0034ppm、n-B 0.0193ppm、i-V 0.0007ppm、n-V 0.0009ppmとすべての成分が検出された。しかし、2回目の測定では、アンモニア2.0ppm、H₂S 0.5284ppm以外は検知できなかった。アンモニアは1回目より低濃度であったが、H₂Sは逆に高濃度に検知された。水田では投入タンクを設置した水口部の臭気採取部位 p-1において、1回目及び2回目ともH₂Sが検知された。特に、1回目ではMM、DMSも検知された。また、他の臭気採取部位 p-2～4においてはいずれの臭気も検出できなかった。

表3 畜舎内及び水田臭気採取部位 p-1の臭気ガス

	追肥	アンモニア	H ₂ S	MM	DMS	DMS	PA	n-B	i-V	n-V
畜舎内	1回目	3.5	0.1079	0.0063	0.0044	0.0024	0.0034	0.0193	0.0007	0.0009
調整時	2回目	2.0	0.5284	n.d.						
臭気	1回目	n.d.	0.0260	0.0017	0.0013	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
p-1	2回目	n.d.	0.0087	n.d.						

2 土壌成分

栽培前地と収穫跡地土壌の成分を表4、5に示した。

	表4 栽培前地の調査結果		乾土%
	T-N	T-C	C/N
慣行区1	0.25	0.22	2.54
慣行区2	0.25	0.22	2.56
実証区	0.21	0.18	2.12

栽培前地のT-Nは、慣行区1、2では0.25%、実証区では0.21%であった。また、収穫跡地においても、慣行区1、2では0.22%、実証区では0.18%と実証区が最も低値を示した。

収穫跡地土壌での調査では、いずれの区も石灰及びカリの飽和度が高かった。一方、土壌中Na₂Oは実証区が最も低く慣行区1が最も高かった。

次に、田面水中のNH₄-Nの測定結果において2回の平均値を表6に示した。

NH₄-Nは、田面水採取部位 p-1、2では牛尿投入開始後30分後から検出され、p-6、7も含めた120分後まで検出された。そして、採取部位 p-3で120分以内では検出されなかったが、24時間後には検出された。また、p-4では24時間後も検出されなかった。

土壌溶液については、2回目の牛尿施用前から収穫前まで毎週調査を行ったが、20cm、50cmともNH₄-N及びNO₃-Nはいずれも検出されなかった。

表5 収穫跡地土壌の調査結果

	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	T-N %	T-C %	C/N	Truog-P ₂ O ₅ mg/100g	交換性				CEC mg/100g	石灰	苦土	カリ	Na ₂ O
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O					
							飽和度(%)								
	乾土	乾土	乾土	乾土	乾土	乾土	乾土	乾土	乾土	乾土	乾土	乾土	乾土	乾土	
慣行区1	5.98	0.106	0.22	2.24	10.2	27.6	363	36	55	67	12.5	104.0	14.3	9.2	17.0
慣行区2	5.63	0.095	0.22	2.29	10.4	13.8	365	33	18	23	12.9	101.3	12.8	3.0	5.7
実証区	5.81	0.069	0.18	1.82	10.1	21.0	308	24	33	15	10.6	103.9	11.1	6.5	4.7

表6 田面水調査結果

	mg/l				
	30分後	60分後	90分後	120分後	24時間後
p - 1	37.1	38.2	40.3	1.4	n.d.
p - 2	18.8	27.3	27.9	21.0	9.1
p - 3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2.5
p - 4	-	-	-	n.d.	n.d.
p - 5	-	-	-	n.d.	n.d.
p - 6	-	-	-	7.0	17.2
p - 7	-	-	-	47.6	18.9

注) - は調査せず

3 生育調査及び収穫時調査

葉色、草丈、茎数の結果を図2～4に示した。

葉色をみるSPAD値は、いずれの区においても播種後47日目までに最大値を示した後、減少に転じた。そして、2回目の牛尿施用後から収穫前までは低値で推移した。葉色の最も優れていたのは慣行区2であり、試験期間中安定した葉色を保っていた。また、草丈及び茎数については、各区に大きな差はなかった。

収穫時の生草収量を表7に、飼料成分結果を表8に示した。生草重では実証区が最も収量が多く、ついで慣行区2、慣行区1の順であった。飼料成分では、慣行区2の粗蛋白が最も高く、TDN、NDF、繊維の消化性(Oa/OCW)、カリウムは慣行区2、実証区、慣行区1の順に高かった。

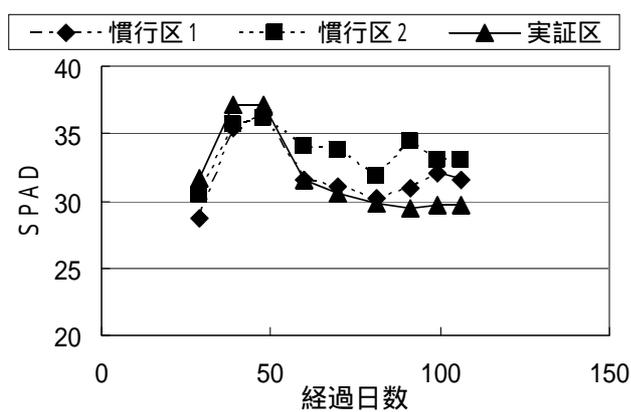


図2 葉色

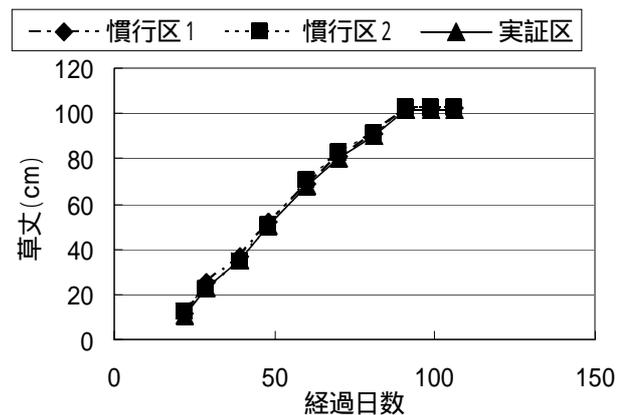


図3 草丈

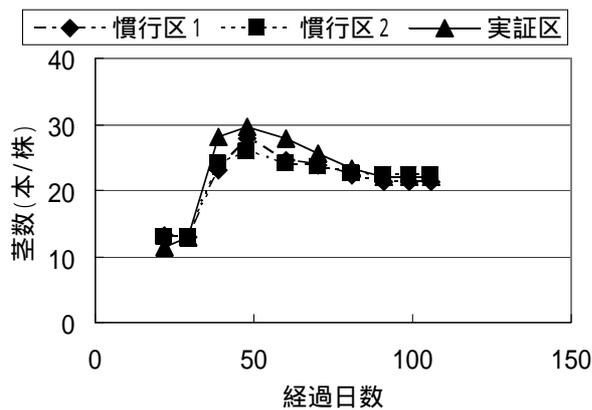


図4 茎数

表7 収量調査結果

区 分	生草重kg
	10a収量
慣行区1	3,983
慣行区2	4,054
実証区	4,336

表8 飼料成分調査結果

区 分	粗蛋白	TDN	NDF	Oa/OCW	カリウム	DM中%, ppm
						硝酸態窒素
慣行区1	5.0 a	54.5	44.9	8.9	1.12	13.0
慣行区2	6.1 b	57.3	47.5	11.8	1.24	10.0
実証区	4.9 a	55.3	45.3	10.7	1.19	10.0

注1) 異符号間に有意差あり(危険率1%)

注2) 推定式 $TDN = -5.45 + 0.89 \times (OC C + O a) + 0.45 \times OC W$ ⁷⁾

注3) 推定式 $NDF = 0.932 \times OC W + 3.4$ ¹¹⁾

考 察

1 貯留牛尿成分

家畜の貯留尿は、アンモニア態窒素を多く含むため、緩行性肥料として位置づけられる堆肥とは異なり、速効性の肥料として期待でき、追肥効果の高いことが指摘されている⁵⁾。今回の実証農家の牛尿成分は含水比が2,640と高く、pH8.86とアルカリへ傾いていた。有機性汚濁成分であるBODは15,700mg/lと高濃度であった。一方、K₂Oは1.12%と高濃度であり、そして、P₂O₅は0.01%と低濃度という牛尿の特徴が認められた^{1, 8)}。

次に、窒素成分については0.64%と高く、窒素中のアンモニア態窒素割合も87%以上と高値であった。したがって、施用牛尿はアンモニア態窒素を0.58%含んでおり、肥料として有効に活用できると考えられたが、現地での施用に当たっては、窒素測定のために特殊な器具、前処理等が必要であり、施用量を早急に決定することができなかった。このような場合の簡易な測定法として、ECによる推定が行われている^{3, 8)}。小柳⁸⁾は、貯留牛尿の利用面からカリ許容量が大きい水田への利用を推奨しているが、この中でアンモニア態窒素はECメーターで簡易に推定できることを示しており、この方法は現場での簡易な測定方法として有益であった。

2 臭気発生

牛尿を水田に施用する場合、周辺への悪臭の発生が懸念される。吉岡¹³⁾は、食添用リン酸を添加することにより、アンモニアを中心とする悪臭の低減に成功している。また、牛尿を曝気することにより、臭気を低減させ、液肥として利用する研究も進められている⁶⁾。本試験では、吉岡¹⁰⁾の方法により、畜舎で牛尿を水田投入用タンクに充填し、さらに、リン酸等を添加する一連の過程で拡散する臭気を測定した。その結果、硫化水素以外はリン酸を添加しなかった2回目の方が1回目より低い濃度であったが、これは畜舎からの臭気の影響を受けている可能性が高かった。一方、水田での測定では、水田投入用タンクを設置した臭気採取部位 p-1において、硫黄化合物類が検知されていた。このことは、リン酸添加によるpHの低下に伴い、アンモニアの揮散は防止されたが、硫黄化合物類が検知されやすくなったためと考えられた。硫黄化合物類はアンモニアに比べ不快感が強いため、リン酸添加により悪臭として感知されやすくなるのが危惧されたが、官能的には、臭気が低減したとの指摘があり今後検討を加える必要がある。また、アンモニアは p-2 ~ 4については検出されなかったことから、投入口から距離が離れば、悪臭は感知できなくなり、悪臭は投入場所のみの問題と考えられた。

3 土壌成分および飼料成分

田面水のアンモニウム態窒素の測定結果は、水口部では30分後から検知されはじめ、120分後には低下していたが、これは押水による影響と考えられた。さらに、アンモニウム態窒素は120分後及び24時間後では、田面水採取部位 p - 6、7へ多く移行していることが考えられた。また、水口部に対し反対側に当たる p - 4では検出されなかったため、施用牛尿が水田全体へ拡散したか否かは不明である。今回の10a当たり生草重収量結果では、尿施用区が他区と比べても同等以上の収量結果となったが、水深の浅い水口部の収量が少なく水深の深い部分で収量が多かった。上田ら¹²⁾は、牛ふん尿の流入ではかんがい水中のアンモニウム態窒素濃度は流入直後にぶれがあるが、流入3～7日で土壌中にかなり均一に吸着されるとしている。今回は牛尿の流し込み施用のため、水田での収穫部位により収量に差がでたものと考えられた。これらのことから、安定した肥効を得るためには、水田の均平度が求められる。

土壌調査においては、栽培前地において実証区はT - Nが低く、他区に比べ地力が弱いと考えられた。また、栽培跡地においても実証区のT - Nが低い値であった。しかしながら、他区と同等以上の収穫を得たことは、追肥として牛尿の利用が可能と考えられた。

牛尿施用によるNaの流入については、各水田の土壌中のNa₂Oの測定値が大きいことから、牛尿施用によるNaの影響より土壌中含量の影響が大きいと考えられた。また、土壌中の石灰及びカリの飽和度が水田土壌の基準値、石灰40～50%、カリ1～2%より高くなっていた。牛尿の投入によるカリの影響については、水溶性で存在しており、降雨などにより硝酸態窒素とともに溶脱しやすいといわれていることから²⁾、牛尿投入による影響より、Na同様土壌中含量の影響が強いと考えられた。

飼料成分については、特に粗蛋白含量の高い慣行区2が飼料として最も高く評価でき、ついで実証区、慣行区1の順と考えられた。また、葉色の推移から慣行区2において窒素の肥効は他の区より高く推移しており、生育後期まで持続していたことが推察された。以上のことから、堆肥のみの施用と比較し、牛尿の追肥等により施肥量を増加させることで、飼料価値の上昇が期待されたが、このことは新出らの報告⁹⁾とほぼ一致した結果であった。また、一般の飼料作物であれば、多肥による硝酸態窒素の蓄積が懸念されるところであるが、飼料イネの場合、多肥栽培でも乾物中100ppm以下とされている⁹⁾。また、カリウム含量も少ないとされており⁹⁾、同様に今回の調査においても、硝酸態窒素、カリウムは低い値であった。

そこで、今後は、倒伏回避を念頭に牛尿汚水の多量施用による試験を行うとともに、悪臭対策についても検討していく。

引用文献

- 1) 秋田勉(1997)：簡易処理した牛尿の施用が飼料作物の生産性、飼料成分及び土壌成分に及ぼす影響．兵庫農技研報(畜産), 33, 30-35
- 2) 安西徹郎・戸村雅彦・松本直治(1984)：豚尿連用水田における土壌の理化学性と水稻の生育 第1報作土の化学性の推移及び水稻生育からみた豚尿施用法．千葉農試研報, 25, 145-154.
- 3) 安西徹郎・戸村雅彦・松本直治(1985)：水田に対する豚尿施用の実際－土壌への影響および水稻生育の両面からみる－．農業および園芸, 60, 1017-1022
- 4) 安西徹郎(1987)：豚尿連用水田における土壌の理化学性と水稻の生育 第4報水田における豚尿の施用時期について．千葉農試研報, 28, 29-38.
- 5) 安西徹郎(1987)：水稻に対する豚尿の追肥としての施用効果．日本土壌肥料学会誌, 58, 3, 369-373.
- 6) 土井真也・渡辺千春・藤田耕(2002)：無希釈尿汚水の曝気処理による液肥化技術 腐植質資材の必要性および処理水が臭気に及ぼす影響の検討．滋賀畜技セ研報, 8, 25-30
- 7) 稲発酵粗飼料推進協議会他(2002)：稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル
- 8) 小柳涉(1998)：貯留牛尿の成分と簡易測定法．新潟畜試セ研報, 12, 49-51
- 9) 新出昭吾(2003)：飼料専用稲の収穫・調整・利用技術．平成14年度岡山県自給飼料共励会及び飼料増産研修会資料, 14-26
- 10) 谷田重遠・白石誠・脇本進行・内田啓一(2002)：酪農経営における牛尿の貯留実態並びに貯留牛尿の性状に関する検討．岡山総畜セ研報, 13, 17-23
- 11) 社団法人畜産技術協会(1998)：家畜飼料新給与システム普及推進事業 平成9年度報告書 TMRの調整・給与マニュアル, 58-84
- 12) 上田弘美・下田健之介(1981)：水稻に対する牛ふん尿の流入施用法．農業技術, 36, 313-315
- 13) 吉岡秀樹(2001)：佐賀県における家畜尿の有効利用について．畜産環境情報, 13, 7-15