

## 水田への牛尿多量施用時における臭気対策の検討

小林 宙・白石 誠・藤井博尚<sup>\*</sup>・大家理哉<sup>\*\*</sup>・正吉輝彦<sup>\*\*\*</sup>吉田拓司<sup>\*\*\*\*</sup>・滝本英二・脇本進行・北村直起

## Study of Odor Production in Heavy Application of Cow Urine to Rice Fields

Hiroshi KOBAYASHI, Makoto SHIRAIISHI, Hironao FUJII, Masaya OOYA, Teruhiko MASAYOSHI,  
Takuji YOSHIDA, Eiji TAKIMOTO, Nobuyuki WAKIMOTO, Naoki KITAMURA

## 要 約

水田への牛尿多量施用時に発生する臭気の低減法を室内試験において検討し、実証試験では曝気処理の効果を検証した。

- 1 牛尿にリン酸を添加し中和することにより、アンモニアの揮散を抑制できたが、硫黄系の臭気の中には増加するものが見られた。
- 2 牛尿の簡易曝気ではアンモニアの揮散が増加したものの、硫黄系の臭気を抑制することができた。
- 3 曝気処理とリン酸添加を組み合わせることでアンモニアと硫黄系のどちらの臭気も抑制することができた。
- 4 実証試験において曝気処理の効果を検証したが、曝気処理による牛尿施用時の臭気低減効果は確認できなかった。
- 5 実証試験では慣行区を大きく上まわる窒素量の牛尿を施用したため、イネの倒伏が見られた。しかしながら、牛尿多量施用による飼料成分への大きな影響は見られず、牛尿を3年間連用した土壌には、カリの蓄積が認められなかった。

キーワード： 牛尿、飼料イネ、臭気、曝気、リン酸

## 緒 言

「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律<sup>現</sup>」の完全施行に伴い、ふん尿処理は緊急の課題となっている。このような状況のなか、ふんについては堆肥化処理を中心とした技術が確立している。一方で、尿の処理方法は主に浄化処理と圃場散布が行われているが、浄化処理はコストが高く維持管理も高度であるため敬遠されがちである。また、圃場散布は貯留尿の利用法として広く行われているが、規模拡大による圃場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。このため、貯留尿の新たな利用法として水稻栽培への利用が研究されてきている。特に、養豚経営は圃場を持たず尿処理が困難になっていることから、豚尿の水田への利用について詳細に検討されてきた<sup>1~4)</sup>。また、牛についても上田ら<sup>5)</sup>が流入施用法も含めた研究を行っている。佐賀県では、散布時の臭気

を低減させて地域として貯留尿を水田へ有効利用するという取り組み事例が報告されている<sup>6)</sup>。

当センターでは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、県内酪農家の貯留尿についてのデータの収集<sup>7)</sup>とともに、飼料イネ水田への施用実証を行ってきた。その結果、貯留牛尿は飼料イネの追肥として有効であることが認められ<sup>8)</sup>、さらに前報<sup>9)</sup>では多量施用が可能であることを示した。しかしながら、この時、施用後水田面上に数日間臭気が滞留した。

水田と住宅地との混在化が進むなか、牛尿の利用拡大には施用時の臭気低減が重要である。佐賀県では牛尿にリン酸を添加することでアンモニアの揮散を防止し、臭気を低減させることができた<sup>6)</sup>と報告している。また、曝気処理は硫化水素の低減に有効であることが知られているが、柳田ら<sup>10)</sup>は草地・飼料畑への牛尿施用時に曝気処理とリン酸添加の組み合わせが臭気低減に有効であることを示している。

そこで、本試験では、室内試験において曝気処理及びリン酸等資材添加による臭気低減法を検討するとともに、実証試験を行って水田への牛尿多量施用時における臭気抑制技術について検討した。

## 材料及び方法

### 1 臭気低減法の検討

次のとおり室内試験を実施した。

#### (1) 試験装置

作成した試験装置の模式図を図1に示す。装置は、1/5000aと1/2000aのワグネルポットを用いて作成した。まず、1/5000aのポットに水田土壌1.8kgと用水を入れ、土壌が嫌気状態となるよう2週間程度馴致した。馴致後、牛尿を添加し、1/2000aのポット2つを用いて密閉した。この装置にポンプを用いて通気を行い、排出される空気を分析した。装置は3つ作成し、温度条件を一定にするため30℃のインキュベーター内に設置した。なお、水田土壌及び牛尿は後述の実証試験と同じ酪農家のものを用いた。

#### (2) 試験区分

試験は2回に分けて行った。それぞれの試験区分について以下に示す。

##### ア 試験1

試験1の試験区分を表1に示した。

曝気区は500mlの牛尿を0.2L/分の通気量で24時間曝気し、必要量を試験に用いた。リン酸添加区は食品添加用のリン酸を牛尿に添加し、pHが7となるよう調整し

た。なお、対照区には未処理の牛尿を用いた。

##### イ 試験2

試験2の試験区分を表2に示した。

曝気+リン酸区は試験1と同様に曝気した尿にリン酸を添加してpHが7となるよう調整した。鉄鋼スラグ区は試験開始時に20gの鉄鋼スラグを試験装置に添加した。なお、鉄鋼スラグは製鉄工程から生じる副産物であり、海底のヘドロに対して硫化水素の発生抑制効果があり、肥料等としても用いられている。対照区は試験1と同様、未処理の牛尿を用いた。

#### (3) 試験方法

試験装置への通気量は1L/分とし、装置全体の温度を30℃とした。装置からの排気を通気直後、1時間後、24時間後に採取し、臭気の実行を行った。試験は牛尿+用水のNH<sub>4</sub>-N濃度が125ppm、250ppm、500ppmとなるよう調整して行った。

#### (4) 測定項目

測定項目は、アンモニア、硫黄化合物4成分（硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル）、低級脂肪酸4成分（プロピオン酸、ノルマル酪酸、イソ吉草酸、ノルマル吉草酸）とした。

#### (5) 分析方法

アンモニアは検知管、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て分析した。

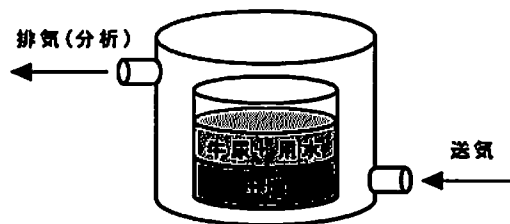


図1 試験装置

表1 試験区分（室内試験）

試験1	内容	NH <sub>4</sub> -N濃度(ppm)
曝気区	牛尿を24時間曝気	
リン酸区	牛尿にリン酸を添加して中和	125、250、500
対照区	未処理牛尿	
試験2		
曝気+リン酸区	24時間曝気した尿をリン酸で中和	
鉄鋼スラグ区	牛尿に鉄鋼スラグを添加	125、250、500
対照区	未処理牛尿	

表2 試験区分 (実証試験) (10a 当たり)

	圃場面積 (a)	基 肥			牛尿追肥		合計
		堆肥施用量 (kg)	堆肥由来窒素量 (kg)	化成肥料 (N-kg)	施用量 (L)	窒素量 (kg)	窒素量 (kg)
曝気尿区	26.94	2,000	6.6	—	3,000	12.5	19.1
牛尿区	17.06	670	2.2	—	2,640	13.4	15.6
慣行区	22.45	—	—	8.4	—	—	8.4

表3 牛尿成分

		pH (原液)	EC (mS/cm)	Kj-N (%)	NH <sub>4</sub> -N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)
1回目施用	牛尿	8.81	50.6	0.62	0.56	0.01	1.18
	曝気尿	9.05	40.7	—	0.34	0.01	1.11
2回目施用	牛尿	8.91	47.9	0.47	0.39	0.01	1.13
	曝気尿	8.84	38.4	0.39	0.32	0.02	0.98

— 測定せず

2 実証試験

(1) 試験の概要

試験水田は岡山市邑久郷で乳用経産牛 44 頭を飼育する酪農家の飼料イネ水田を使用した。また、牛尿は当酪農家のものを用いた。

(2) 試験区分

試験区分を表 2 に示した。曝気尿区は基肥に堆肥を用い、追肥として簡易曝気した牛尿を施用した。牛尿区は基肥に堆肥を用い、追肥に牛尿を施用した。また、慣行区は化学肥料 (被覆肥料 LP コート 100 日タイプ、N:P:K=14:14:14) を用いた。供試品種はヒノヒカリとし、播種量は 10a あたり 5 kg とした。栽培方法は耕起乾田直播で、5 月 27 日に播種し、10 月 7 日に坪刈りをして収穫調査を行った。

(3) 試験期間

試験期間は播種から刈り取りまでの平成 16 年 5 月～10 月とした。

(4) 牛尿成分

試験に用いた牛尿成分を表 3 に示した。分析方法は pH、EC をガラス電極法で、Kj-N はケルダール分解法、NH<sub>4</sub>-N はプレムナー法、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> はバナドモリブデン酸法、K<sub>2</sub>O は原子吸光法により測定した。

(5) 牛尿施用法

牛尿は畜舎内のバークリーナーで固液分離され、尿槽に貯留されているものを利用した。曝気尿区ではこの牛尿を硫化水素が検知管で検知できなくなるまで約 3 時間曝気して用いた。牛尿の水田への施用法は吉岡<sup>6)</sup>の方法を用いた。すなわち、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。施用は 2 回に分けて行い、第 1 回目を 7 月 6 日、第 2 回目を 8 月 4 日に行った。

(6) 調査項目

ア 臭気調査

牛尿施用時の臭気を図 2 に示す水田周囲 4 地点で測定した。測定項目及び分析方法は室内試験と同様である。

イ 田面水調査

図 2 に示す 9 地点において田面水を採取し、牛尿の水田への拡散状況を調査した。採取は牛尿施用直後、1 日後、7 日後に行い、NH<sub>4</sub>-N をプレムナー法により測定した。

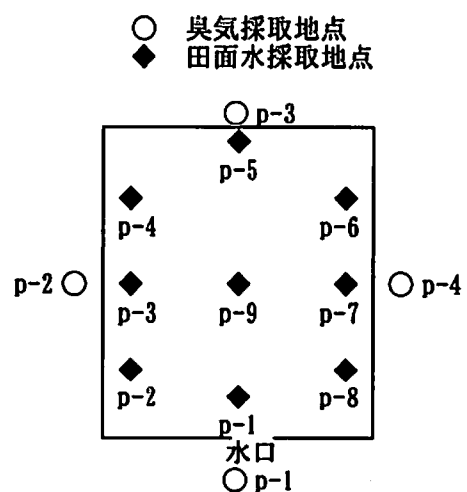


図2 臭気及び田面水採取地点

ウ 生育調査及び収穫調査

イネの草丈、茎数、葉色 (SPAD) を生育

期間中6～18日間隔で測定した。また、収穫時には稈長、穂長及び生草重量を測定した。

#### エ 飼料成分調査

水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、粗繊維、可溶性無窒素物、カリウム、硝酸態窒素を公定法に準じて測定した。

#### オ 土壌溶液

地下水への浸透を調査するため、2回目の牛尿施用から落水まで1週間間隔で水田の土壌溶液を20cm及び40cmの深さで採取し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 及び $\text{NO}_3\text{-N}$ をプレムナー法により測定した。

#### カ 土壌調査

収穫後の土壌を採取し、pH ( $\text{H}_2\text{O}$ )、EC、T-N、T-C、 $\text{Truog-P}_2\text{O}_5$ 、交換性塩基 (CaO、MgO、 $\text{K}_2\text{O}$ )、CECを測定した。分析方法は土壌環境分析法(1997、博友社)に準じた。

## 結果

### 1 室内試験

#### (1) 試験1

牛尿+用水の濃度を125ppmとして行った試験の結果を図3～図7に示した。

125ppmの試験では試験開始時のアンモニアは対照区が7ppm、曝気区が20ppm、リン酸添加区が1.5ppmであり、対照区と比較して曝気区で高く、リン酸添加区では低くなった。また、リン酸添加区のアンモニア濃度は徐々に高くなる傾向が見られ、24時間後には7.8ppmであった(図3)。

硫化水素はリン酸添加区で対照区より高くなり、試験開始時に0.0119ppmであった。一方、曝気区では対照区より低く0.0016ppmであった。また、曝気区では1時間後には検出できない濃度となった。対照区及びリン酸添加区においても減少する傾向が見られ、24時間後には3区とも検出できなくなった(図4)。

また、メチルメルカプタンはリン酸添加区においてのみ検出され、試験開始直後に0.0041ppmであり、24時間後には上昇し、0.0193ppmとなった。(図5)。

硫化メチルはリン酸添加区で試験開始直後、1時間後、24時間後においてそれぞれ、0.0451ppm、0.0473ppm、0.0133ppmであり、対照区と同程度で推移した。一方、曝気区では各試験時間において検出されなかった(図6)。

プロピオン酸は試験開始直後にはどの区も同程度であった。対照区が試験期間を通じてほぼ一定であったのに対して、曝気区では1時間後には検出できなくなり、リン酸添加区では24時間後には検出できなくなった(図7)。

なお、二硫化メチル、ノルマル酪酸、イソ吉草酸、ノルマル吉草酸についてはどの試験区においても検出されなかった。

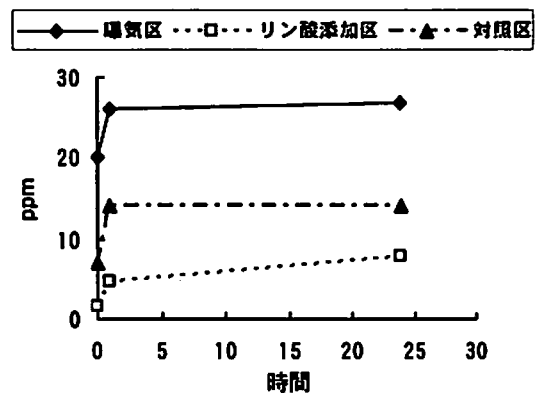


図3 アンモニア濃度

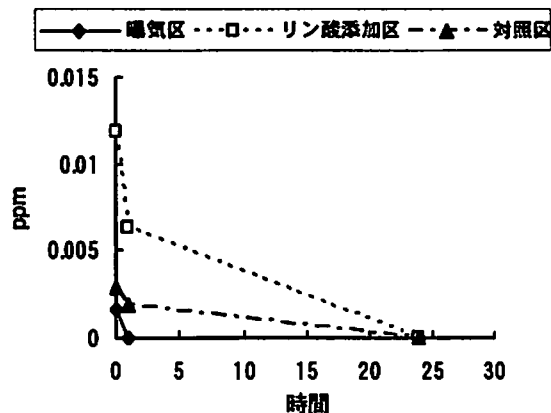


図4 硫化水素濃度

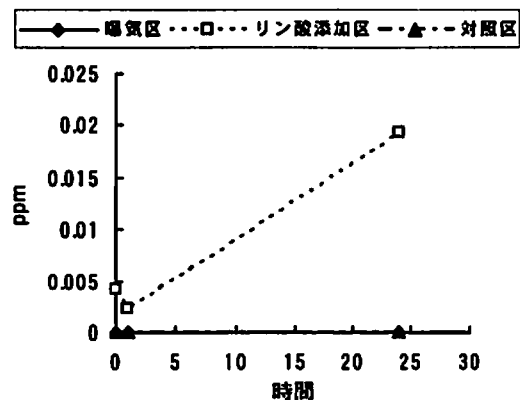


図5 メチルメルカプタン濃度

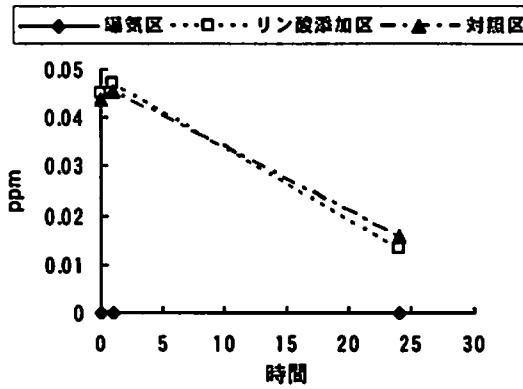


図6 硫化メチル濃度

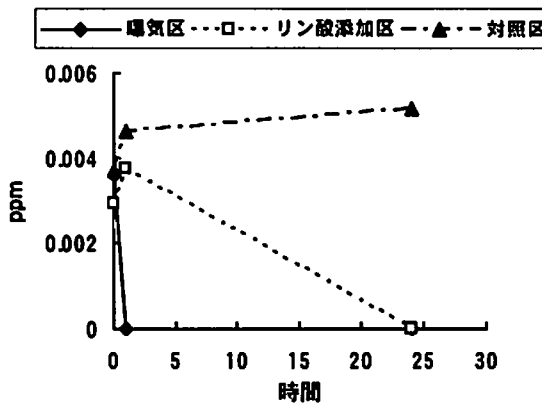


図7 プロピオン酸濃度

1 時間後、24 時間後においてそれぞれ、0.2580ppm、0.1142ppm、0.0704ppm であり、試験開始直後及び 24 時間後においては対照区と同程度であった。また、1 時間後においては対照区よりも低い値を示した。一方、曝気区では各試験時間において検出されなかった (図 11)。

なお、二硫化メチル、プロピオン酸、ノルマル酪酸、イソ吉草酸、ノルマル吉草酸についてはどの試験区においても検出されなかった。

牛尿+用水の濃度を 250ppm で行った試験の結果は 500ppm の試験結果と類似していた。

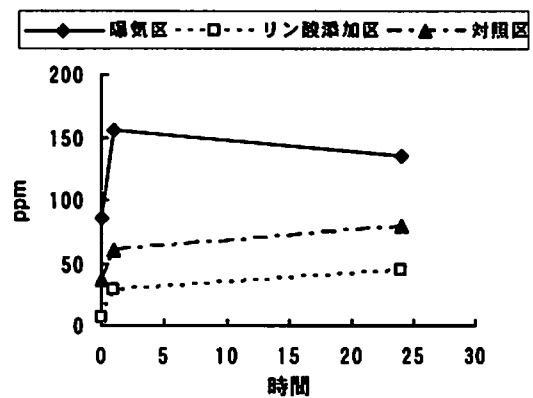


図8 アンモニア濃度

牛尿+用水の濃度を 500ppm で行った試験の結果を図 8～図 11 に示した。

アンモニアは対照区が 37ppm、曝気区が 86ppm、リン酸添加区が 6.2ppm となり、対照区と比較して曝気区で高く、リン酸添加区では低くなった。24 時間後においてもその傾向は変わらず、対照区で 80ppm、曝気区で 135ppm、リン酸添加区で 45ppm であった (図 8)。

硫化水素はリン酸添加区で対照区より高くなり、試験開始時に 0.4142ppm であった。一方、曝気区では対照区より低く 0.0014ppm であった。曝気区では 1 時間後には検出できない濃度となった。リン酸添加区では 1 時間後には 0.0041ppm と対照区と同程度まで減少し、その両区とも 24 時間後には検出されなかった (図 9)。

メチルメルカプタンはリン酸添加区及び対照区で検出された。リン酸添加区では試験開始直後に 0.0655ppm であったが減少する傾向を示し、1 時間後及び 24 時間後にはそれぞれ 0.0050ppm 及び 0.0018ppm となり、対照区と同程度であった。一方、曝気区では各試験時間において検出されなかった (図 10)。

硫化メチルはリン酸添加区で試験開始直後、

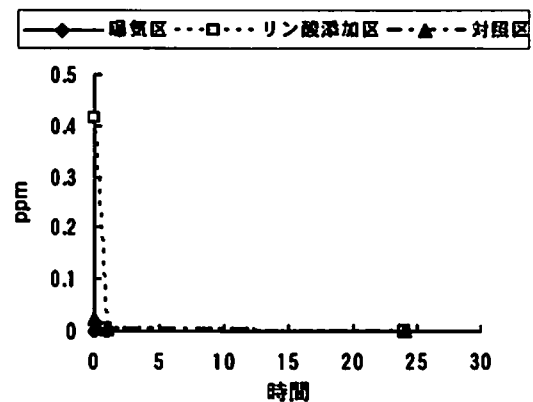


図9 硫化水素濃度

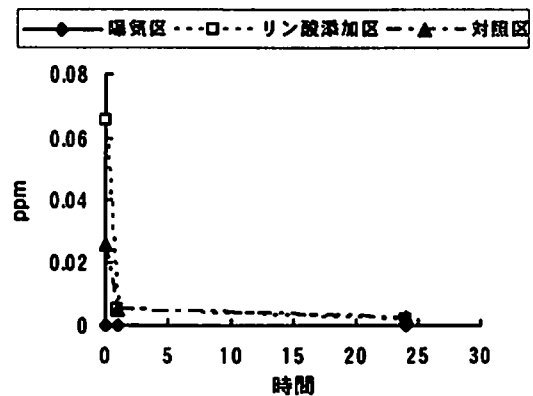


図10 メチルメルカプタン濃度

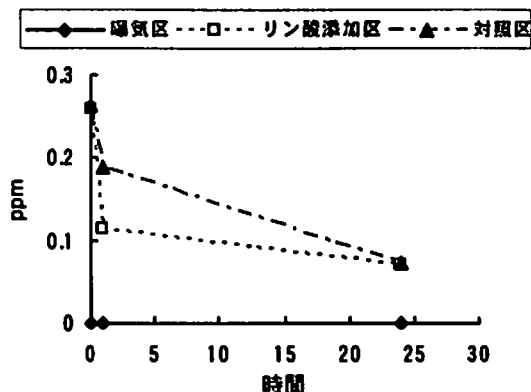


図11 硫化メチル濃度

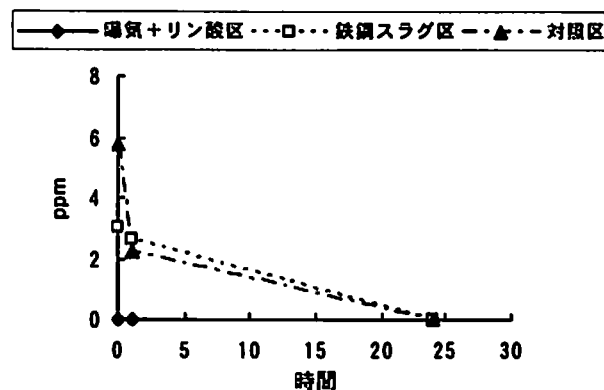


図13 硫化水素濃度

## (2) 試験2

牛尿+用水の濃度を 125ppm として行った試験の結果を図 12 及び図 13 に示した。

アンモニアは各処理区とも時間の経過に伴って増加した。曝気+リン酸区では対照区より低く、試験開始直後、1 時間後、24 時間後においてそれぞれ 0.1ppm、1.1ppm、5.1ppm であった。鉄鋼スラグ区は対照区と同程度で、試験開始直後、1 時間後、24 時間後においてそれぞれ 0.8ppm、5.5ppm、12.6ppm であった (図 12)。

硫化水素は曝気+リン酸区で試験期間を通じて低く、試験開始直後、1 時間後、24 時間後においてそれぞれ 0.0142ppm、0.0047ppm、0.0047ppm であった。鉄鋼スラグ区は対照区と同程度であり、試験開始直後、1 時間後、24 時間後においてそれぞれ 3.0354ppm、2.6048ppm、0.0068ppm であった (図 13)。

なお、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル、プロピオン酸、ノルマル酪酸、イソ吉草酸、ノルマル吉草酸はどの試験区も検出限界以下であった。

牛尿+用水の濃度を 500ppm で行った試験の結果を図 14 及び図 15 に示した。

アンモニアは各処理区とも時間の経過に伴って増加した。曝気+リン酸区では対照区より低く、試験開始直後、1 時間後、24 時間後においてそれぞれ 0.2ppm、2.6ppm、9.2ppm であった。鉄鋼スラグ区は対照区と同程度で、試験開始直後、1 時間後、24 時間後においてそれぞれ 2.6ppm、25ppm、75ppm であった (図 14)。

硫化水素は曝気+リン酸区で試験期間を通じて低く、試験開始直後、1 時間後、24 時間後においてそれぞれ 0.0105ppm、0.0034ppm、0.0038ppm であった。鉄鋼スラグ区は試験開始直後には対照区より高く、36.0817ppm であったが、1 時間後、24 時間後においては対照区と同程度であり、それぞれ 41.1490ppm、1.5392ppm であった (図 15)。

なお、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル、プロピオン酸、ノルマル酪酸、イソ吉草酸、ノルマル吉草酸はどの試験区も検出限界以下であった。

牛尿+用水の濃度を 250ppm で行った試験の結果は 500ppm の試験結果と類似していた。

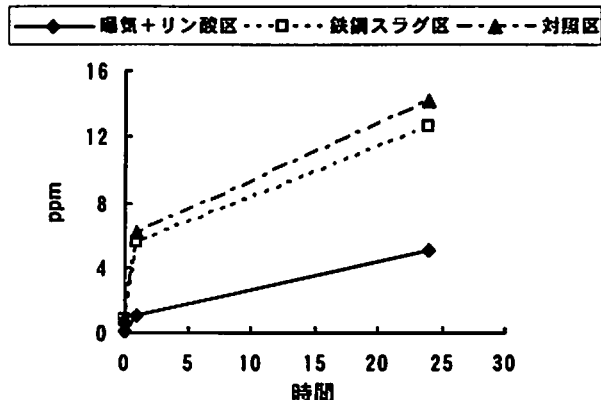


図12 アンモニア濃度

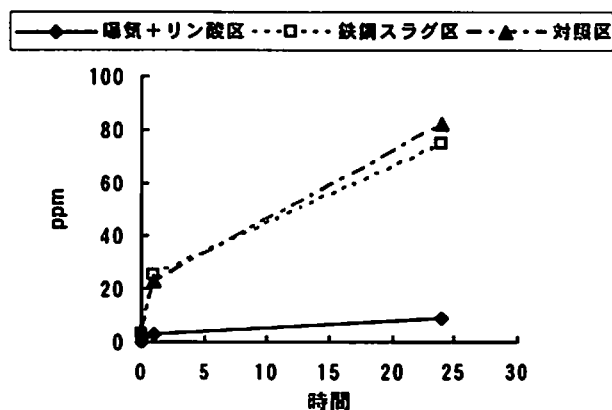


図14 アンモニア濃度

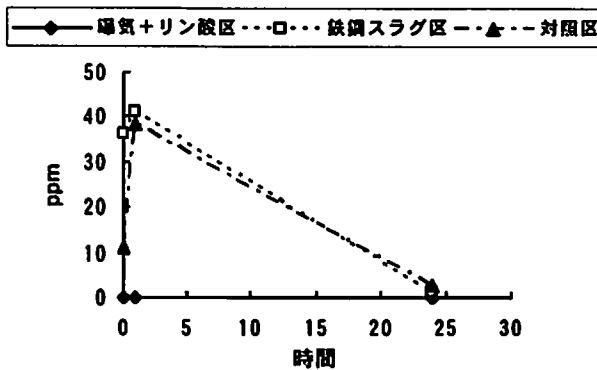


図15 硫化水素濃度

2 実証試験

(1) 臭気調査

ア 1回目牛尿施用時

牛尿施用時には施用地点及び水田周囲において牛尿施用に伴う臭気が感じられた。官能的には、曝気尿区が牛尿区よりも臭気が弱いように感じられた。

この時の臭気調査結果を表4に示した。

曝気尿区及び牛尿区のどちらにおいてもアンモニア及び硫化メチルは検出されなかった。

硫化水素は測定した4地点中、曝気尿区で3地点で検出され、牛尿区では2地点で検出されたが、試験区による差はみられなかった。

メチルメルカプタンはどちらの試験区に

おいても施用地点においてのみ検出され、曝気尿区で0.0025ppm、牛尿区では0.0016ppmであった。

また、プロピオン酸はどちらの試験区においても1地点においてのみ検出され、0.0010ppm程度であった。

なお、どちらの試験区においても二硫化メチル、ノルマル酪酸、イソ吉草酸、ノルマル吉草酸は検出限界以下であった。

イ 2回目牛尿施用時

牛尿施用時には1回目と同様に施用地点及び水田周囲において牛尿施用に伴う臭気が感じられた。官能的には、曝気尿区が牛尿区よりも臭気が弱いように感じられた。

この時の臭気調査結果を表5に示した。

曝気尿区及び牛尿区のどちらにおいてもアンモニア及び硫化メチルは検出されなかった。

硫化水素及びメチルメルカプタンはどちらの試験区においても全地点で検出され、1回目施用時よりも若干高い値を示した。しかし、試験区による差はみられなかった。

また、プロピオン酸は測定した4地点中、曝気尿区で1地点、牛尿区で2地点検出されたが、試験区による差はみられなかった。

なお、どちらの試験区においても二硫化メチル、ノルマル酪酸、イソ吉草酸、ノルマル吉草酸は検出限界以下であった。

表4 臭気調査結果 (1回目牛尿施用時)

(ppm)

	採取地点	アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	プロピオン酸
曝気尿区	p-1	n. d.	0.0019	0.0025	n. d.	n. d.
	p-2	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
	p-3	n. d.	0.0010	n. d.	n. d.	n. d.
	p-4	n. d.	0.0010	n. d.	n. d.	0.0009
牛尿区	p-1	n. d.	0.0009	0.0016	n. d.	n. d.
	p-2	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0.0011
	p-3	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
	p-4	n. d.	0.0013	n. d.	n. d.	n. d.

表5 臭気調査結果 (2回目牛尿施用時)

(ppm)

	採取地点	アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	プロピオン酸
曝気尿区	p-1	n. d.	0.0027	0.0101	n. d.	n. d.
	p-2	n. d.	0.0020	0.0095	n. d.	n. d.
	p-3	n. d.	0.0013	0.0078	n. d.	0.0011
	p-4	n. d.	0.0033	0.0117	n. d.	n. d.
牛尿区	p-1	n. d.	0.0035	0.0075	n. d.	0.0010
	p-2	n. d.	0.0025	0.0075	n. d.	n. d.
	p-3	n. d.	0.0024	0.0073	n. d.	n. d.
	p-4	n. d.	0.0024	0.0081	n. d.	0.0010

(2) 牛尿拡散状況

1回目の牛尿施用時に行った牛尿拡散状況の結果を表6に示した。

牛尿由来の窒素成分は施用直後には水田全面に行き渡ってはいなかったが、1日後には水田全面に拡散することが確認された。7日後には検出できない地点が見られた。

また、2回目の牛尿施用時に行った調査においても同様の結果であった。

表6 田面水調査結果 (NH<sub>4</sub>-N: ppm)

		施用直後	1日後	7日後
曝気尿区	p-1	16.81	3.3	n. d.
	p-2	n. d.	40.6	n. d.
	p-3	n. d.	7.0	n. d.
	p-4	n. d.	8.4	n. d.
	p-5	n. d.	24.5	n. d.
	p-6	141.52	7.3	n. d.
	p-7	174.41	1.9	n. d.
	p-8	7.7	6.3	n. d.
	p-9	69.32	5.2	n. d.
牛尿区	p-1	2.15	3.9	2.1
	p-2	71.47	5.6	3.5
	p-3	58.16	9.3	3.5
	p-4	n. d.	35.7	4.2
	p-5	n. d.	20.3	n. d.
	p-6	n. d.	3.5	0.7
	p-7	91.02	8.7	n. d.
	p-8	21.04	2.7	n. d.
	p-9	119.06	5.1	3.5

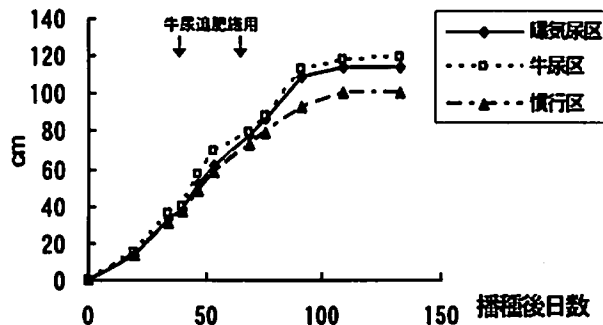


図16 草丈の推移

(3) 生育調査

生育期間中の草丈、茎数、葉色の推移を図16～図18に示した。

草丈(図16)及び茎数(図17)については曝気尿区と牛尿区で同程度であり、どちらも慣行区より高かった。また、葉色(図18)は牛尿区が曝気尿区よりも若干高く、曝気尿区は慣行区より高く推移した。

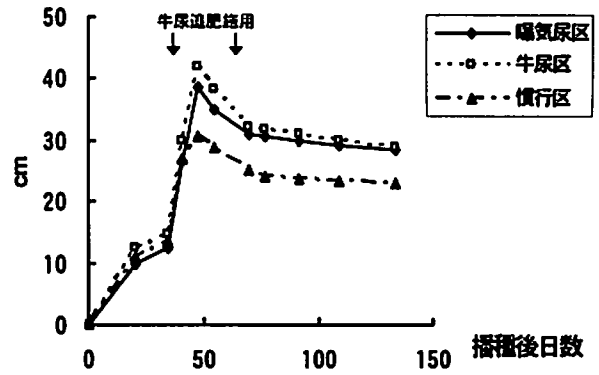


図17 茎数の推移

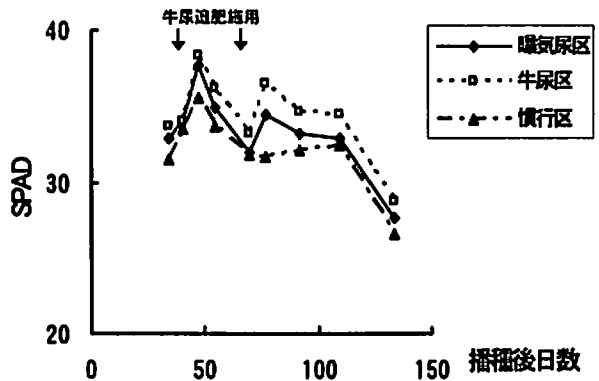


図18 葉色の推移

(4) 収穫調査

収穫時(黄熟期)の結果を表7に示した。

曝気尿区と牛尿区の乾物収量は同程度であり、慣行区よりも多かった。しかしながら、曝気尿区と牛尿区ではイネの倒伏が見られた。

(5) 飼料成分

飼料成分の結果を表8に示した。

牛尿多量施用による飼料イネのカリウムや硝酸態窒素の過剰蓄積は見られなかった。

(6) 土壌溶液調査

曝気尿区及び牛尿区において2回目の牛尿施用以降落水まで土壌溶液を調査したが、NH<sub>4</sub>-N及びNO<sub>3</sub>-Nは検出されなかった。

(7) 土壌調査

収穫後の土壌調査の結果を表9に示した。その結果、水田土壌にカリは蓄積されなかったことが確認された。



表7 収穫調査(黄熟期)

	草丈 (cm)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	葉色 (SPAD)	生草重量 (kg/10a)	乾物収量 (kg/10a)	水分 (%)
曝気尿区	114.1	81.6	18.5	27.8	4,187	1,591	62.0
牛尿区	118.4	83.2	19.5	28.8	4,365	1,646	62.3
慣行区	101.0	74.6	17.8	26.6	3,400	1,336	60.7

表8 飼料成分調査

(乾物中%)

	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分	粗繊維	可溶性無窒素物	カリウム	硝酸態窒素
曝気尿区	5.4	1.8	10.5	11.9	63.6	1.02	0.04
牛尿区	6.0	2.5	14.2	16.6	54.4	1.42	0.04
慣行区	5.6	2.6	13.0	15.5	56.9	1.01	0.03

表9 土壌調査結果

	pH (H2O)	EC (mS/cm)	T-N (%)	T-C (%)	Total P (mg/100g 乾土)	交換性			CEC (me/100g)	石灰	苦土 (飽和度%)	加里
						CaO (mg/100g 乾土)	MgO (mg/100g 乾土)	K <sub>2</sub> O (mg/100g 乾土)				
曝気尿区	5.37	0.079	0.22	2.30	11.5	162	21	13	10.5	55	10	3
牛尿区	5.44	0.066	0.17	1.74	13.1	140	18	17	9.0	56	10	4
慣行区	5.35	0.095	0.21	2.16	16.0	209	28	7	11.7	64	12	1

## 考察

当センターでは前報<sup>9)</sup>において飼料イネ水田への牛尿の多量施用が有効であることを示したが、施用時に水田面上に臭気が発生した。そこで、本試験では室内試験で牛尿施用時の臭気低減法について検討し、実証試験で曝気処理の効果を検証した。

ワグネルポットを用いた室内試験の結果、リン酸添加は牛尿を中和することでアンモニアの揮散を抑えた。これは吉岡<sup>6)</sup>の報告と一致した。しかし、検知できなくなるまでには抑制できず、時間の経過とともに徐々に増加する傾向が見られた。本試験では pH が7となるようにリン酸を添加したが、添加量を増やせばさらなる効果が期待できる可能性がある。このように、リン酸添加はアンモニアの発生を抑制したが、臭気は官能的には未処理尿と同程度に感じられた。これは本試験において認められたリン酸添加による硫化水素及びメチルメルカプタンの増加に起因していると考えられた。

曝気処理は牛尿の pH を増加させるためアンモニアの発生が増加する。本試験においても、同様の結果であった。しかし、曝気処理は硫化水素、メチルメルカプタン、硫化水素に対して強力な臭気低減効果を発揮した。また、曝気処理した牛尿の臭気は官能的には未処理尿より弱く感じられ、硫黄系臭気の抑制が大きな役割を果たしている

考えられた。このように、曝気処理は牛尿施用時の臭気低減に有効な方法であると考えられた。

これらの結果から、曝気処理とリン酸添加を組み合わせることでさらなる効果が期待され、試験を行った。その結果、曝気処理とリン酸添加の組み合わせは硫黄系臭気及びアンモニアに対して強い抑制効果を発揮した。柳田ら<sup>10)</sup>は草地・飼料畑への牛尿散布を前提とした試験において、土壌への牛尿散布時に曝気処理とリン酸添加の組み合わせが有効であることを報告しているが、本試験では湛水状態の水田への牛尿施用においても同処理方法が有効であることが示された。

製鉄工程の副産物である鉄鋼スラグは道路用路盤材、コンクリート用骨材、肥料等に利用されている。さらに、海底のヘドロからの硫化水素発生に抑制効果があると注目されており、本試験では、水田への牛尿施用時における鉄鋼スラグの臭気低減効果を検討したが、顕著な効果は認められなかった。この相違の原因としては、鉄鋼スラグは海底のヘドロに対するように臭気発生源を覆うことでは効果があるものの、液体に関しては効果がないという可能性が考えられるが詳細は不明である。

室内試験の結果からは、水田に対する牛尿施用時には曝気処理とリン酸添加の組み合わせが最も臭気低減効果があることが確認された。しかし、リン酸は食品添加剤として用いられるものの、強酸性の液体でありその取り扱いには注意が必要となる。そこで、実証試験では、農家が取り組みや

すい方法として曝気処理を用いて、牛尿施用時における臭気低減効果を検討した。その結果、実証試験においては曝気処理による臭気低減効果は確認できなかつた。その理由としては、室内試験とは異なり、臭気採取時に風等の環境要因の影響を受けたことが考えられた。また、実証試験における牛尿の曝気時間を硫化水素が検知管で検知できなくなるまでとしたが、さらに曝気時間を長くすれば臭気低減効果が得られる可能性が考えられた。しかしながら、長時間曝気を行うと牛尿中の窒素成分濃度が薄くなってしまつたため、窒素施用量を維持するためには牛尿施用量を増やさなければならぬという問題が生じることは考慮に入れておかなければならない。

牛尿中窒素の約90%が $\text{NH}_4\text{-N}$ であり、実証試験の牛尿追肥中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 量は1回当たり約5.83kg/10aとなる。施用時の押水量を約50t/10aとするとこの時の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は約120ppmとなる。そこで、実証試験の結果を室内試験の125ppmの結果と比較すると、実証試験のほうが臭気濃度が低い値となった。このことから、実際の施用時には空気による希釈や風による飛散が生じていることが推察された。また、室内試験の結果からは、施用量の上昇に伴って臭気発生が大きく増加すると考えられ、実際の施用時においても施用量の増加は臭気発生の増加につながることを考慮する必要があると考えられる。

実証試験においては畜産農家が少しでも多くの尿を利用できるようにと考え、10a当たり牛尿施用量を曝気尿区で3000L、牛尿区で2640Lという前報<sup>9)</sup>を上まわる量とした。そのため、牛尿施用時には施用地点及び水田周囲において牛尿施用に伴う臭気を感じられ、臭気低減の難しさが改めて感じられた。10a当たり約500Lの牛尿施用時には臭気発生は施用地点に限られていたため<sup>8)</sup>、住宅地等に隣接するような水田ではこれを目安とすればよいと考えられるが、そのような事情がなければ本試験の施用量であっても十分利用可能であると考えられる。

実証試験においてはイネの倒伏が生じた。これは多量施用を検討した前報<sup>9)</sup>をさらに上まわる量の牛尿を施用したことも大きな要因であるが、二度の台風等が影響していると考えられる。しかしながら、牛尿施用による大きな生育ムラは生じず、生育も順調であり、多量施用により懸念された飼料中のカリウム及び硝酸態窒素の蓄積は見られなかつた。また、地下水への窒素成分の流亡は見られず、牛尿の飼料イネ水田への利用は可能であることが本試験においても確認された。

本試験で牛尿区に用いた水田は3年間尿施用を

行ってきたが、本試験の結果を前報<sup>9)</sup>及び前々報<sup>8)</sup>の結果と併せて考えると土壤中のカリの蓄積は見られなかつた。家畜ふん尿はカリウム含量が高く、多量施用すると土壤中に蓄積するとされている<sup>10)</sup>。しかし、尿中のカリウムはほとんど水溶性で存在するため溶脱しやすいと考えられており<sup>11)</sup>、本試験の結果からも水田への尿施用については土壤へのカリの蓄積は生じにくいと考えられた。

以上の結果から、牛尿の水田への利用は十分可能であると考えられるが、現地において牛尿施用時に発生する臭気を低減させることは容易ではないことが認められた。しかし、室内試験で得られた結果から、曝気処理や資材添加を組み合わせることで臭気低減の可能性はあると考えられ、水田への牛尿施用の普及のために臭気対策のさらなる検討が必要である。

## 引用文献

- 1) 安西徹郎・戸村雅彦・松本直治(1984)：豚尿連用水田における土壤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.
- 2) 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。農業および園芸, 60, 1017-1022.
- 3) 安西徹郎(1987)：豚尿連用水田における土壤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.
- 4) 安西徹郎(1987)：水稻に対する豚尿の追肥としての施用効果。日本土壤肥料学会誌, 58(3), 369-373.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 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, 17-24.
- 8) 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(2003)：飼料イネに対する牛尿の施用試験。岡山総畜セ研報, 14, 65-70.
- 9) 白石誠・藤井博尚・大家理哉・正吉輝彦・吉田拓司・脇本進行・滝本英二・北村直起・奥田宏健(2004)：飼料イネに対する牛尿の多量施用試験。岡山総畜セ研報, 15, 65-69.

10) 柳田和弘・吉田衛史 (2004) : 草地等への還元利用のための尿汚水液状物の処理・利用技術の確立. 福島畜試研報, 12, 54-58.

11) 財団法人畜産環境整備機構 (1998) : 家畜ふん尿処理・利用の手引き. 57-73.