

## 芋製焼酎粕施用農耕地における硝酸態窒素濃度の経時的変化 —第 I 報. 現地調査—

佐伯雄一・下入佐克志・三重野 愛・赤尾勝一郎・杉本安寛<sup>1)</sup>・長友由隆

宮崎大学農学部生物機能科学講座, <sup>1)</sup>地域農林システム学講座

(2004年1月26日受理)

## Investigation of Concentration of Nitrate in the Crop Field Fertilized with Shochu Distiller's By-product

### I. Farm-level investigation

Yuichi SAEKI, Katsushi SHIMOIRISA, Ai MIENO, Shoichiro AKAO, Yasuhiro SUGIMOTO<sup>1)</sup>, Yoshitaka NAGATOMO

Division of Biotechnology and Biochemistry, <sup>1)</sup>Division of Regional Agriculture and Forestry System, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki

**Summary:** A field survey for 6 crop farms and a questionnaire survey for a shochu distiller company and 246 farmers were conducted in Miyakonojo basin, Miyazaki Prefecture, to investigate the use of shochu distiller's by-product as a fertilizer and to estimate the possible impact of the application of the by-product on the environment. The farmers applied the by-product to their crop fields at a rate of 80-100 t/ha, with or without cattle manure. They valued the by-product as a useful fertilizer and wished to use the by-product in the future as well. The by-product contained 93.7 % moisture, 0.21 % nitrogen, 0.03 % phosphorus and 0.18% potassium. The C/N ratio was 14.7, with the ratio of 11.5 for the liquid portion. Nitrate-N concentration of soil (0-210 cm depth) of the field applied only with the by-product (1 farm) was always as low as below 100 mg/kg dry soil during 9 months after the application. In contrast, nitrate-N concentration of soil of the fields of 2 farms applying the by-product and cattle manure occasionally showed high values peaking up to 500 mg/kg. The results indicate that application of shochu distiller's by-product to a crop field at a rate of 100 t/ha does not accumulate nitrate-N in subsoil and thus may not have an adverse effect on the environment, unless the field receives additional heavy application of cattle manure.

**Key words:** Cattle manure, Material cycling, Nitrate-N, Shochu distiller's by-product, Utilization as fertilizer.

## 緒言

焼酎は、甘蔗、米、麦、蕎麦、黒糖等の農産物から生産される蒸留酒であり、酒造会社では、焼酎の蒸留後に排出される蒸留廃液（焼酎粕）の処理を余儀なくされている。1975年に発効されたロンドン・ダンプン条約（日本は1980年批准）に基づく産業廃棄物の海洋投棄禁止の規制強化の中、焼酎粕の陸上での処理技術の開発、有機物資源としての有効利用法の開発を図る必要性が高まってきた。これまで多くの機関が焼酎粕の農地還元試験および堆肥化試験を行ってきており、焼酎粕の肥効が広く認められてきている（柯他 1988；古江、永田 1994；上村他 1993）。しかしながら、堆肥化における最も大きな課題はその水分含量の高さで、堆肥化の妨げとなっている（上村他 1993）。元来、農地からの産物である焼酎粕は基本的に原料作物からなり、適正な農地還元技術が確立されるならば、農地に還元することが望ましいと考えられる。焼酎粕はその大部分が有機物からなり、土壌への有機物投与による土壌改良効果が期待でき、さらに含有成分の肥効により、地下水汚染の原因となりやすい化学肥料の節減が期待できる。特に南九州ではサツマイモを原料とした焼酎生産量が多く、それに伴う焼酎粕の処理は重要な課題となっている。宮崎県では芋製焼酎製造の副産物として、年間10万tの焼酎粕が生じており、約4万tを特殊肥料としての大地還元によって処理を行って来ており、焼酎粕を特殊肥料登録すれば農耕地への還元が施用量 $10\text{ kg/m}^2$ （ $10\text{ t}/10\text{ a}$ ）まで認められてきた。しかしながら、昨今の環境保全に関する意識の高まりから、焼酎粕施用による環境への負荷が懸念され、平成15年からは原則的に焼酎粕の農地還元は禁止となっている。一方で、県内の畜産業の盛んな地域は内陸部に位置し、河川などからの水源確保が困難なので、飲料水、農業用水の地下水への依存度が高い。このような地域では家畜糞尿が原因と考えられる地下水の硝酸態窒素による汚染が懸念されており（杉本他 1998）、環境に対する負荷の低い環境保全型農業の確立が急務となっている。そこで本研究では芋製焼酎粕の農耕地還元による窒素負荷の実体を明らかにするため、以前から芋製焼酎粕を特殊肥料として農地施用を行ってきた霧島酒造株式会社の協力を得て、都城盆地に調査地点を設けて、

1998年9月から1999年8月にかけて現地調査を行った。

## 材料および方法

**聞き取り調査：**焼酎粕の農地還元の現状を把握するため、焼酎粕が農地に届けられるまでの管理・流通に関する情報を製造元の霧島酒造から得た。さらに焼酎粕利用側の農家（246戸）に対して特殊肥料としての焼酎粕に期待している効果に関するアンケートを実施した。

**調査地点と土壌の断面調査：**調査地点として、都城盆地で実際に焼酎粕を特殊肥料として利用している農家の許可を得て、6地点の焼酎粕施用畑を選定した。その概略を図1および表1に示した。調査地点のうち、農家の許可が得られたNo. 2, 5, 6の地点については土壌の層位を調査するために約2 mまでの土壌断面調査を行った。

**硝酸態窒素濃度の測定：**土壌試料として、表層から30 cmごとに210 cmまでを対象とした。焼酎粕施用から一ヶ月後までは一週間ごとに土壌採取を行い、その後、原則として二週間ごとに土壌採取を行った。土壌採取法はソイルオーガーを用いて30 cm毎の土壌を採取することとし、一回の採取につき一調査地点から一カ所の採取とした。調査地点No. 4では地表から120 cmの深さに瓦が敷き詰められており、この深さまでの採取とした。採取した土壌は混合し、その一部を分析に供試した。土壌中の硝酸態窒素濃度は水蒸気蒸留・デバルダ



図1. 都城盆地における芋製焼酎粕を農地還元している調査6地点

表 1. 土壤採取地点の概略

採取地点	1	2	3	4	5	6
	北諸県郡 山田町山田	北諸県郡 高城町大井手	北諸県郡 三股町宮村	北諸県郡 山之口町山之口	都城市 志和池町丸谷	北諸県郡 高城町石山
面積 (ha)	4	3	4.8	1	1.5	3
粕散布量 (t)	400	300	480	80	150	300
散布日 (月日)	10.10-12	12. 4-5	10.10-12	11. 6-7	11. 7-9	12. 5-7
他肥料施肥	家畜糞尿	家畜糞尿堆肥	家畜糞尿	家畜糞尿	なし	家畜糞尿
作物	ゴボウ (11-5月)	ソルガム (12-4月) トウモロコシ (4-8月)	サツマイモ (5-9月)	イタリアン ライグラス (11-4月) トウモロコシ (5-8月)	ゴボウ (12-5月) トウモロコシ (5-8月)	トウモロコシ (4-8月)

合金法で分析した. 土壤水分は乾熱法で測定し, 乾土100 gあたりの硝酸態窒素濃度 (mg) を求めた.

焼酎粕とその成分特性: 芋製焼酎粕の組成について, pHはガラス電極法, 水分は乾熱法で測定した. また, 全窒素はケルダール分解法, 全炭素はチューリン法, リンはバナドモリブデン酸法による比色法, カリウムは炎光光度法によって分析した. 焼酎粕の液中の全窒素, 全炭素, 無機態窒素であるアンモニア態窒素および硝酸態窒素は焼酎粕を吸引濾過後, 得られた液体をそれぞれケルダール分解法, チューリン法, MgO法およびデバルダ合金法で分析した. 分析結果から10 kg/m<sup>2</sup> (10 t/10 a) の施用を行った場合の窒素の負荷量を計算した.

## 結 果

聞き取り調査: 蒸留後の焼酎粕はいったん貯留槽に貯められた後, 依頼農家の畑までタンク車で運搬し, ヘクタールあたり80-100 tの割合で施用されていた. 特殊肥料としての値段は1,000 kgあたり100円と, 非常に安価なものであった. 焼酎粕を利用している農家へのアンケート調査の結果, 今後も利用したいと回答した農家がほとんどで, その理由として, 作物の生育がよい, 除草効果があるといった項目が挙げられていた (表 2). 農地への焼酎粕施用はほとんどの場合, 蒸留が終了した後, 温度が70-80℃と高温のうちに行われていた. 芋製焼酎の場合, 焼酎製造が甘藷の収穫に伴って行われるため, 焼酎粕は9-12月に生じることになり, 焼酎粕の農耕地還元もこの時期に集中して行われていた. 焼酎粕施用後, およそ2週間で糸状菌の発生が認められ, 農家では糸状菌菌

表 2. 焼酎粕利用農家アンケート結果 (246件中の%)

今後の焼酎粕利用について	
利用したい	99.2
未回答	0.8
利用したい理由	
作物の生育が良い	52.0
除草効果	24.0
土壤消毒になる	8.9
堆肥がよく効く	0.8
他肥料より良い	0.4
畑が肥える	0.4
長期間効果がある	0.4
資源リサイクルになる	0.4
その他	12.7

糸の発生を認めてから耕耘を行い, さらに1-2週間後に定植を行っていた. 表1に示したように6ヶ所の調査地点のうち焼酎粕散布に加えて, さらに家畜糞尿もしくは家畜糞尿堆肥を施用している地点が5地点 (No.1, 2, 3, 4, 6) あり, No.5の地点が粕のみの施用であった. 家畜糞尿の施用は農家によって様々であり, 聞き取り調査でも明確な回答は得られなかった. 調査地点No.1で11月8日に家畜糞尿の施用を行ったことを確認できたが, 施用量は不明であり, さらにその他の地点での施用量と散布日は共に不明であった. 今回の調査地点では, 耕耘後, 冬作としてイタリアンライグラス, ゴボウ, ソルガムの作付け, 収穫, 家畜糞尿の施用, 耕耘, 夏作としてトウモロコシ, サツマイモの作付けとなっていた.

焼酎粕：焼酎粕の組成を調べた結果を表3に示した。焼酎粕の全窒素含有率は0.21%であり、この焼酎粕を10 kg/m<sup>2</sup> (10 t/10 a) 施用した場合、約20 g/m<sup>2</sup> (20 kg/10 a) の窒素の施用量になることが明らかとなった。焼酎粕全体のC/N比は14.7であった。さらに焼酎粕液中の窒素量は粕全体のほぼ半量でC/N比は11.5であった。無機態窒素は全窒素量の6%程度と低い値が得られた。カリウ

表3. 芋製焼酎粕の組成 (現物当たり)

部分	組成	%	kg/t
全体	pH	4.09	
	水分	93.7	937
	窒素	0.21	2.1
	炭素	2.93	29.3
	全リン	0.03	0.31
	カリウム	0.18	1.84
	C/N比	14.7	
液体	全窒素	0.11	1.03
	無機態窒素		
	NH <sub>4</sub> -N	0.010	0.09
	NO <sub>3</sub> -N	0.003	0.03
	全炭素	1.27	11.9
	C/N比	11.5	

ムは0.18%と窒素と同程度の含有率を示し、リンについては0.03%と低含有率であった。

調査地点と硝酸態窒素濃度：土壤断面調査を行った3地点は比較的近接した地点であったが、土壤の層位はそれぞれ異なっており、ローム層まで観察できたのはNo.6の地点のみで、No.5の地点においては御池軽石層が非常に厚く堆積していた(表4)。調査期間中の降水量のデータを都城測候所のデータをもとに示した(図2)。芋製焼酎粕が焼酎製造の副産物として発生する秋から冬の時期にまとまった降水はほとんどなく、99年の6,7,8月にかなりの降水量が認められた。図3に各調査地点の硝酸態窒素濃度の経時的変化を示した。焼酎粕のみを施用しているNo.5の地点では年間を通じて、硝酸態窒素の顕著な増加は認められなかった。その他の調査地点ではNo.1,2,3の地点で硝酸態窒素濃度の急激な上昇が認められ、特にNo.1,3の地点では乾土100gあたり50mgもの硝酸態窒素が検出された。また、No.1,3の地点では降水量の多かった6月には表層よりも60-90cmの下層で高い硝酸態窒素濃度の上昇が認められた。しかしながら、家畜糞尿を施用している地点でもNo.4とNo.6の地点ではNo.1,2,3の3地点ほどの上昇は認められなかった。

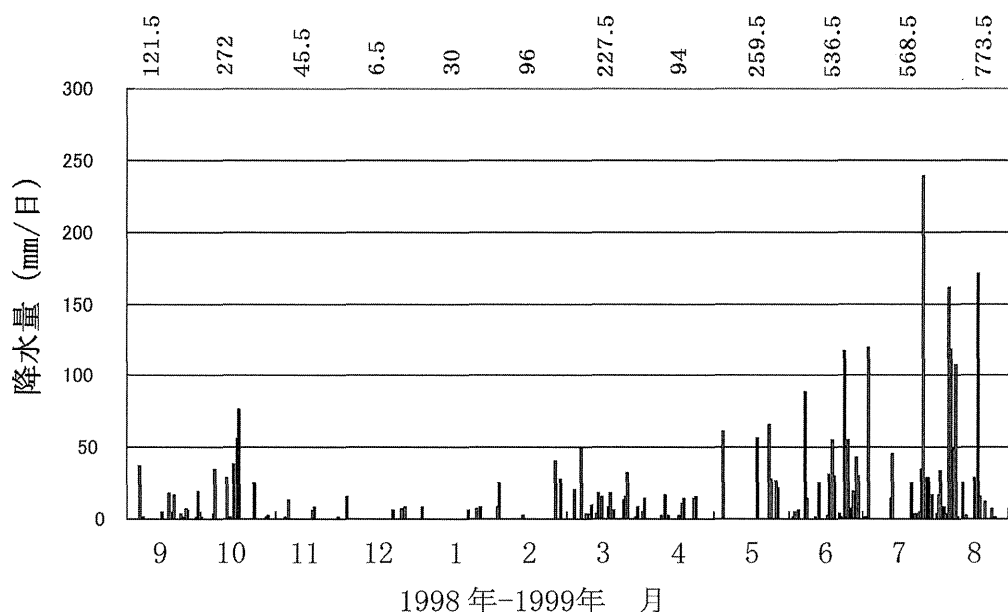


図2. 1998年9月-1999年8月の降水量 (mm/日)  
グラフ上部の数値は月ごとの降水量を示した

表4. 調査3地点における土壌断面調査結果

	層位cm	腐植	斑紋結核 グライ斑	土性	礫	孔隙	緻密度(山中 式硬度計cm)	可塑性	粘着性	湿り・ 湧水面	根の分布	含水比 %	真比重 g/cm <sup>3</sup>	仮比重 g/cm <sup>3</sup>	孔隙率 %	固相 %	液相 %	気相 %	
No. 2																			
黒ボク	12	+	-	SL	含む	細孔有り	2.3	±	-	-	有り	67.9	2.45	0.64	74.1	25.9	43.2	30.9	
黒ボク	8	+	-	L	含む	細孔有り	6.4	±	-	-	若干有り	62.9	2.44	0.77	68.6	31.4	48.1	20.4	
黒ボク	12	++	-	CL	軽石含む	細孔有り	22.6	±	-	-	若干有り	61.3	2.49	0.86	65.4	34.6	52.7	12.6	
黒ボク	8	++	-	CL	軽石含む	細孔有り	22.6	±	-	-	-	64.6	2.37	0.69	70.7	29.3	44.8	25.9	
御池軽石	20	-	-				12.4		-	-	-	108.2	2.52	0.53	79.0	21.0	57.4	21.6	
御池軽石	30	-	-				12.4		-	-	-	110.8	2.55	0.49	80.6	19.4	54.8	25.8	
御池軽石	40	-	-				12.4		-	-	-	102.8	2.57	0.49	80.9	19.1	50.4	30.5	
クロニガ	35	+++	-	SiCLorLC	-	細孔有り	15.1	++	-	+	-	183.0	2.44	0.41	83.3	16.7	74.5	8.9	
Ab層	15	+	-	LC	-	細孔有り	17.8	+	-	±	-	157.4	2.60	0.46	82.5	17.5	71.8	10.7	
アカホヤ	40	-	-	SiCLorLC	-	細孔有り	22.6	-	-	-	-	143.4	2.56	0.47	81.7	18.3	67.2	14.4	
No. 5																			
黒ボク	20	++	-	L	含む	細孔含む	2.7	±	-	-	有り	55.9	2.45	0.58	76.3	23.7	32.5	43.8	
黒ボク	15	++	-	L	含む	細孔含む	15.3	±	-	-	若干有り	58.3	2.57	0.99	61.3	38.7	58.0	3.4	
黒ボク	30	++	-	CL	軽石含む	細孔有り	19.3	±	-	-	稀にあり	154.9	2.40	0.45	81.3	18.7	69.6	11.7	
黒ボク	20	++	-	CL	軽石含む	細孔有り	11.9	±	-	-	-	153.8	2.42	0.45	81.5	18.5	68.8	12.7	
混在	15	+	-	LC	ボラ混	細孔有り	23.5	±	-	-	-	152.8	2.58	0.45	82.5	17.5	68.9	13.6	
御池軽石	20	-	-				20.0		-	-	-	118.8	2.63	0.55	79.2	20.8	65.0	14.2	
御池軽石	30	-	-				20.0		-	-	-	92.5	2.48	0.69	72.1	27.9	63.9	8.2	
御池軽石	30	-	-				20.0		-	-	-	93.1	2.51	0.57	77.1	22.9	53.4	23.7	
御池軽石	30	-	-				20.0		-	-	-	85.9	2.49	0.58	76.8	23.2	49.5	27.4	
御池軽石	30-	-	-				17.6		-	-	-	91.9	2.44	0.53	78.3	21.7	48.6	29.7	
No. 6																			
黒ボク	20	+	-	SL	軽石含む	細孔有り	6.3	±	-	-	若干有り	57.1	2.48	0.87	64.7	35.3	49.8	14.9	
黒ボク	8	+	-	SL	少々含む	細孔有り	15.5	±	-	-	若干有り	56.4	2.46	0.96	61.2	38.8	53.9	7.3	
黒ボク	15	+	-	SL	軽石富む	細孔有り	24.2	±	-	-	-	67.8	2.46	0.83	66.1	33.9	56.6	9.5	
黒ボク	20	-	-	SL	軽石富む	細孔有り	26.2	±	-	-	-	41.9	2.49	1.06	57.3	42.7	44.7	12.6	
御池軽石	15	-	-				22.7		-	-	-	93.8	2.56	0.52	79.9	20.1	48.4	31.4	
クロニガ	40	+++	-	SiL	-	細孔有り	14.7	++	-	+	-	150.3	2.34	0.48	79.3	20.7	72.8	6.5	
Ab層	10	+	-	SL	-	細孔有り	20.9	±	-	-	-	157.9	2.56	0.45	82.6	17.4	70.4	12.2	
アカホヤ	30	-	-	SL	-	細孔有り	22.5	-	-	-	-	145.5	2.46	0.37	84.8	15.2	54.4	30.4	
クロニガ	25	+++	-	SL	-	細孔有り	22.2	+	-	+	-	64.8	2.61	0.90	65.6	34.4	58.3	7.3	
クロニガ	20	+++	-	SL	スコリア含む	細孔有り	20.2	±	-	+	-	103.4	2.53	0.64	74.8	25.2	66.0	8.8	
ローム層	30-	+	-	CL	-	細孔有り	21.6	+	-	-	-	99.0	2.63	0.67	74.6	25.4	66.1	8.5	

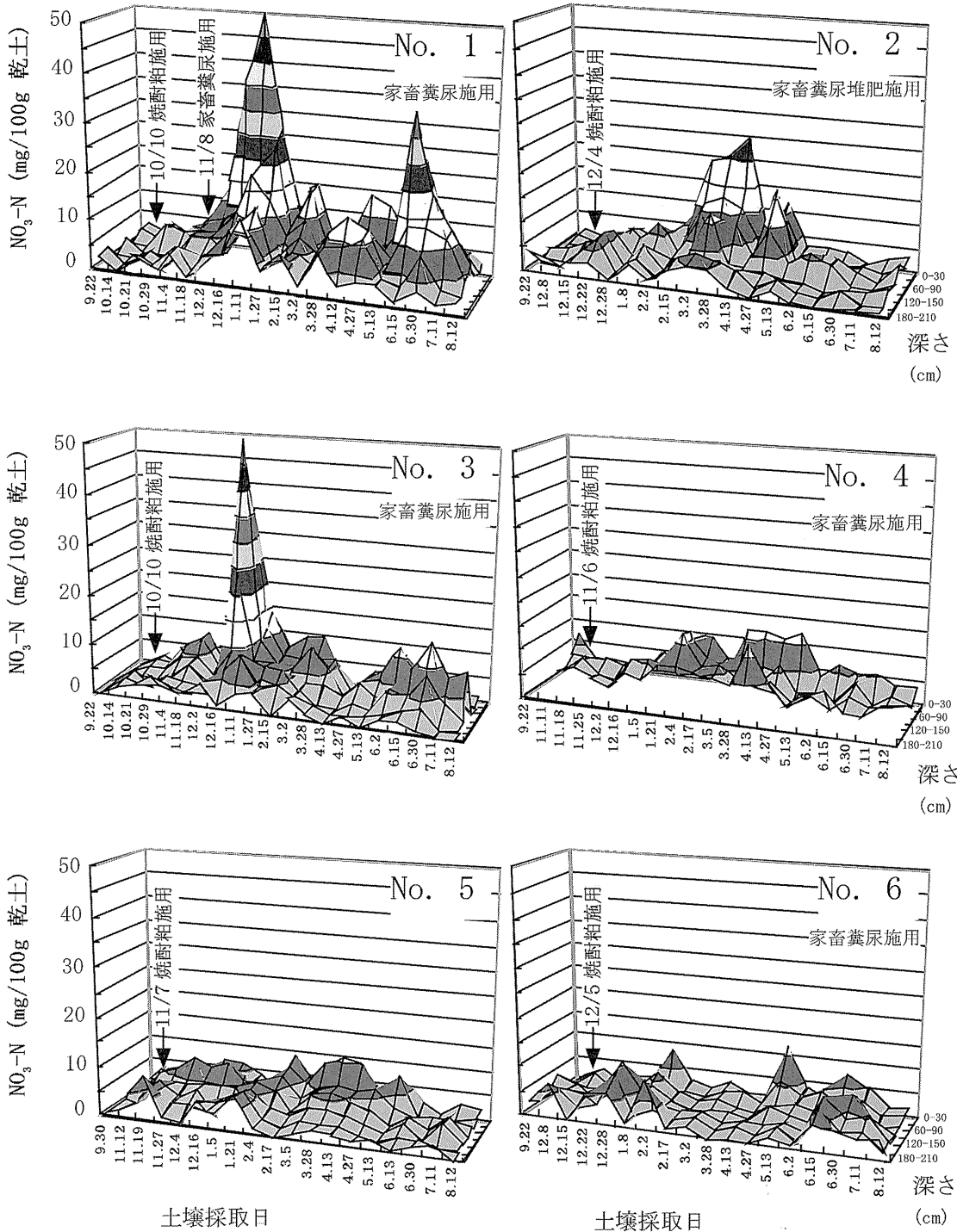


図3. 調査地点における表土から210 cmまで30 cm毎の土壌の硝酸態窒素濃度の経時的変化  
 No. 4 に関しては深度120 cmまでの結果を示した

## 考 察

焼酎粕の組成については、鹿児島県を始め多くの機関で調べられており（柯他 1988；上村他 1993）、今回の分析でもほぼ同様な結果が得られた（表 3）。調査した焼酎粕の窒素含有率は現物あたり約 0.2% で、10 a 当たり 10 t の焼酎粕を施用した場合、窒素として 20 kg/10 a の施用量であった。C/N 比は 14.7 で一般的な甘藷粕の C/N 比が 50 程度であることを考えると比較的分解されやすい性質であることが明らかとなった。これらの値は一般的な堆肥の窒素施用量および C/N 比とほぼ同様の値である。宮崎県の飼料作物の施肥基準（主要作物の施肥基準 1999）によれば、堆肥の施用基準は 0.8% の窒素含有率の堆肥で 3 kg/m<sup>2</sup> (3 t/10 a) となっている。この場合、窒素の負荷量は 24 kg/10 a であり、芋製焼酎粕の全窒素施用量より 20% ほど高い。ここで、焼酎粕の堆肥や肥料としての有効活用を考える場合、固体部分と液体部分で考察を加える必要がある。焼酎粕の分析の結果、焼酎粕の液体中の窒素と固体成分中の窒素量はほぼ 1 : 1 の割合で含まれていた。焼酎粕全体としての C/N 比 14.7 と比較して、液体部分の C/N 比は 11.5 と低く、液体部分に比較的分解されやすい成分が含まれることが明らかとなった。したがって、焼酎粕施用による窒素の有機質肥料としての効果は、主に液体中に含まれる有機態窒素の分解による 10 t 当たり約 10 kg の窒素の放出によることが示唆される。イタリアンライグラスやソルガムなどの飼料作物に対する化成肥料による窒素の基肥施肥基準は概ね 10 kg/10 a であり、C/N 比の低い液体部分で代替できる可能性がある。一方、焼酎粕に含まれる固体成分は焼酎製造過程で分解を受けなかった比較的難分解性の成分と考えられ、有機質肥料としての効果は低く、堆肥や土壌改良材としての働きが期待される。つまり、焼酎粕の固体部分は、非常に緩やかな分解を受けることによる持続的な窒素源として存在し、さらに土壌の理化学性の改善に寄与するものと考えられる（柯他 1988）。また、窒素の施肥基準から考えると、飼料作物の場合、堆肥と化成肥料で 34 kg の総窒素量であるため、焼酎粕施用に加えて、さらに 14 kg 相当の堆肥窒素の施用が可能である。カリウムについては固体成分中に含まれることは考えにくく、焼酎粕 10 t のうち、その液体中に 18 kg のカ

リウムが含まれるものと考えられるため追肥の必要性はないが、リンについては 0.03% と含有率が低く、施肥の必要性があると考えられる。

焼酎粕にはエタノール、酢酸、イソ酪酸など、植物の生育に悪影響を及ぼす物質が含まれている。そのため、焼酎粕を農地に還元した場合、土壤微生物によるそれらの物質の分解（安定化）に、ある程度の時間を要することが知られている。柯他（1988）は鹿児島農業試験場の厚層多腐植質黒ボク土に施用したサツマイモ焼酎粕の安定化に要する期間を 2 週間と報告しており、さらにコマツナの幼植物試験では焼酎粕施用 3 週間以降の土壤での生育促進効果も認めている。都城盆地の農地で焼酎粕施用後に耕耘を行う時期は、施用後約 2 週間で発生する糸状菌菌糸の確認後であり、糸状菌菌糸の視覚的な確認は焼酎粕施用後の土壤中での安定化の時期を推測するために有効であると考えられる。また、上村他（1993）は芋製焼酎粕施用後、2 週間でキャベツの定植試験を行い、植傷みや収量低下を報告している。したがって、本調査地域での慣行である、焼酎粕施用後、約 2 週間での耕耘、さらに 1 - 2 週間後の作付けが適当であると考えられる。

今回、調査した 6 地点の農地のうち 5 地点ではさらに家畜糞尿（No. 1, 3, 4, 6）または家畜糞尿堆肥（No. 2）の施用を行っていた。調査地点 No. 1 では 11 月 8 日に家畜糞尿の施用を行っていたが施用量は把握できず、その他の調査地点では家畜糞尿の施用量および施用時期の正確な把握ができなかったため、家畜糞尿からの窒素の負荷量は不明であった。しかしながら家畜糞尿または家畜糞尿堆肥を施用している No. 1, 2, 3 の 3 地点では硝酸態窒素の濃度上昇が検出され、これらが家畜糞尿または家畜糞尿堆肥の施用による上昇であることが示唆された。特に No. 1 の地点では 11 月 8 日の家畜糞尿の施用後に硝酸態窒素濃度の急激な上昇が認められた。このことから焼酎粕と家畜糞尿の施用を併用している農地で硝酸態窒素濃度の増加が認められた No. 1, 2, 3 の地点では硝酸態窒素濃度の急激な上昇が認められる前にかかなりの量の家畜糞尿の施用をおこなったことが推測される。さらに、No. 1, 3 の地点では降水の多い時期に下層土で高濃度の硝酸態窒素が認められたため、家畜糞尿の多量施用による地下水の汚染が懸念さ

れる。一方、焼酎粕と家畜糞尿を併用している地点でも硝酸態窒素濃度の急激な上昇が認められない地点が2地点あり(No.4, 6), この2地点での家畜糞尿の施用量は低いものと推測される。土壤断面調査の結果はそれぞれの調査地点での降水による水の浸透速度が異なることを示唆しており、調査地点間での焼酎粕施用後の経過時間に伴う硝酸態窒素の浸透量の単純な比較は困難であるが、本調査結果は土壤中の硝酸態窒素濃度の急激な上昇は焼酎粕の施用によるものではなく、家畜糞尿の農地への過剰施用が引き起こしているものであることを示唆しており、地下水汚染源となる可能性を暗示している。

現在、宮崎県では焼酎粕の特殊肥料としての農耕地還元を禁止する方向にあり、その代替技術として、他の原料を人為的に焼酎粕へ加えて飼料化し、家畜の飼料として再利用しようとする動きが高まっている(小野寺他 1997, 1998, 2000; 中尾他 2001a, 2001b, 2001c, 2003a, 2003b, 2003c)。しかし、飼料のほとんどを海外からの輸入に頼っている現在の状況で、さらに飼料製造のために焼酎粕以外の原料を系外から持ち込まなければならないため、系外への製造物の再分配がバランス良く行われなければならない。これは元素の拡散を意味しているため、元素の地理的拡散が行われないう場合、つまり、地下水汚染が問題になっている地域で飼料が集中して消費されるのであれば、最終的には家畜糞尿の処理の問題に直面するのは必至である。

本研究は芋製焼酎粕施用農耕地土壌の窒素負荷量と硝酸態窒素濃度について調査を行ったものである。本調査結果から焼酎粕の環境への影響を推察する限りでは、芋製焼酎粕 $10\text{ kg/m}^2$  ( $10\text{ t/10 a}$ )の施用では硝酸態窒素の集積や下層への流亡は少なく、地下水汚染の危険性は少ないと判断される。アンケート結果や利便性、地域における物質循環、他に処理のためのエネルギーを必要としないことを考慮すると農地還元による焼酎粕の処理の有用性は明らかである。しかしながら、家畜糞尿との併用にあっては施用する地域の降水量や透水性を考慮し、施用量による基準ではなく、含有元素量による厳密な施用基準の策定が必要である。本調査においては焼酎粕以外の肥料や堆肥、家畜糞尿の投入による影響や作物による養分吸収の影響が

極めて大きく、実際の畑での焼酎粕の影響を正確に把握するのは困難であったため、引き続き圃場試験を行う必要があると考えられる。

## 要 約

本研究では芋製焼酎粕の農耕地還元による窒素負荷の実体を調査するために、宮崎県都城盆地に6ヶ所の調査地点を設けて、現地調査を行った。焼酎粕を特殊肥料として販売している酒造会社への聞き取り調査の結果、焼酎粕は $80\text{--}100\text{ t/ha}$ の割合で農地還元されていた。また、焼酎粕を特殊肥料として利用している農家へのアンケート調査の結果、今後も利用したいと回答した農家が大部分を占め、非常に高い要望があった。芋製焼酎粕は9-12月に生じ、焼酎粕の農地還元もこの時期に集中して行われていた。粕散布後、およそ二週間で糸状菌の発生が認められ、糸状菌の発生を認めてから耕耘を行い、さらに1-2週間後に播種を行っていた。焼酎粕の組成は水分 $93.7\%$ 、窒素 $0.21\%$ 、リン $0.03\%$ 、カリウム $0.18\%$ で、C/N比は $14.7$ 、液体部分で $11.5$ であった。焼酎粕を宮崎県の規制量である $10\text{ kg/m}^2$  ( $10\text{ t/10 a}$ ) 施用した場合、約 $20\text{ g/m}^2$  ( $20\text{ kg/10 a}$ ) の窒素施用量になり、硝酸態窒素濃度は焼酎粕のみを施用している地点で年間を通じて、乾土 $1\text{ kg}$ あたり $100\text{ mg}$ 以下で硝酸態窒素の顕著な増加は認められなかった。焼酎粕と家畜糞尿を施用している2ヶ所の調査地点で硝酸態窒素濃度の急激な上昇が認められた。多い地点では乾土 $1\text{ kg}$ あたり $500\text{ mg}$ もの硝酸態窒素が検出された。以上の結果、芋製焼酎粕 $10\text{ kg/m}^2$  ( $10\text{ t/10 a}$ ) の施用では硝酸態窒素の集積や下層への流亡は少なく、地下水汚染の危険性は少ないと判断され、アンケート結果や利便性、物質循環、処理のためのエネルギーを必要としないことから農地還元による焼酎粕の処理の有用性が示された。しかしながら、家畜糞尿との併用にあっては厳密な施用基準の策定が望まれる。

**キーワード:** 芋製焼酎粕, 家畜糞尿, 硝酸態窒素, 農地還元, 物質循環

## 謝 辞

本調査を遂行するに当たり、試料の提供、調査地点の選定、アンケート、試料採取に多大な協力



を頂きました, 霧島酒造株式会社の江夏順行氏, 高橋勝南氏をはじめ多くの皆様に謝意を表します。

## 引用文献

古江広治・永田茂穂 (1994) サトウキビに対する黒糖焼酎廃液の施用効果. 鹿児島県農業試験場研究報告 23, 33-40.

柯 貴城・平井光代・正田 誠・久保田宏 (1988) サツマイモ焼酎蒸留廃液の農耕地還元利用. 日本土壤肥料学雑誌 59, 156-163.

中尾道信・小野寺良次・稲澤 昭・別納征欧・長谷川信美・堀井洋一郎・藤代 剛・駒谷謙司・置本宗康・河野謙宗・北爪 惣・林 国興・中島一喜・山内 清・六車三治男・森下敏朗・林綾子・田原秀隆・高橋勝南 (2001a) 焼酎粕ペレット飼料が離乳期子豚の成長および健康に及ぼす影響. 宮崎大学農学部研究報告 48, 1-16.

中尾道信・小野寺良次・稲澤 昭・別納征欧・長谷川信美・山内 清・六車三治男・堀井洋一郎・藤代 剛・林 国興・森下敏朗・林綾子・田原秀隆・高橋勝南・竹之内慎一・上島良介・目 和典・堤 孝彦・駒谷謙司・置本宗康・河野謙宗・北爪 惣・佐藤玲史・高橋信也 (2001b) 焼酎粕ペレット飼料が肉用豚の成長, 健康および肉質に及ぼす影響. 宮崎大学農学部研究報告 48, 17-38.

中尾道信・小野寺良次・稲澤 昭・別納征欧・堀井洋一郎・山内 清・六車三治男・長谷川信美・藤代 剛・林 国興・森下敏朗・林綾子・田原秀隆・高橋勝南・上島良介・目 和典・堤 孝彦・佐藤玲史・高橋信也 (2001c) 焼酎粕ペレット飼料が繁殖豚の健康, 同腹仔数, 分娩子豚の生存率に及ぼす影響. 宮崎大学農学部研究報告 48, 39-48.

中尾道信・小野寺良次・稲澤 昭・別納征欧・柏原 浩・長谷川信美・堀井洋一郎・藤代 剛・山内 清・六車三治男・置本宗康・河野謙宗・北爪 惣・上島良介・目 和典・堤 孝彦・高橋俊浩・林田哲夫・林 国興・森下敏朗・林綾子・田原秀隆・高橋勝南 (2003a) 焼酎粕ペレット飼料が肉用牛の成長, 健康, 行動および肉質に及ぼす影響. 宮崎大学農学部研究報告 49, 1-21.

中尾道信・小野寺良次・稲澤 昭・別納征欧・柏

原 浩・長谷川信美・堀井洋一郎・藤代 剛・山内 清・六車三治男・高橋俊浩・林田哲夫・目 和典・堤 孝彦・佐藤玲史・高橋信也・林国興・森下敏朗・林綾子・田原秀隆・高橋勝南 (2003b) 焼酎粕が哺乳子牛 (交雑種) の健康および成長に及ぼす影響 (フィールド試験). 宮崎大学農学部研究報告 49, 23-30.

中尾道信・小野寺良次・稲澤 昭, 別納征欧・林国興・長谷川信美・山内 清・六車三治男・堀井洋一郎・高橋俊浩・林田哲夫・森下敏朗・林綾子・田原秀隆・高橋勝南 (2003c) 焼酎粕乾燥脱水ケーキの給与が搾乳牛の乳量, 乳質, 風味等に及ぼす影響 (フィールド試験). 宮崎大学農学部研究報告 49, 31-40.

小野寺良次・稲澤 昭・奥田道緒・森下敏朗・河野幹雄・長谷川信美・片山英美・横山三千男・増田慶信・郡 義博 (1997) エクストルーダーによる焼酎粕ペレット飼料 (牛用) の製造に関する研究. 宮崎大学農学部研究報告 44, 45-53.

小野寺良次・稲澤 昭・駒谷謙司・奥田道緒・森下敏朗・河野幹雄・川村 修・長谷川信美・片山英美・藤代 剛・矢野光紘・萩原昭英・山下寛・甲斐孝憲 (1998) エクストルーダーによる実用焼酎粕ペレット飼料 (牛用) の製造技術と飼料成分および嗜好性. 宮崎大学農学部研究報告 45, 77-85.

小野寺良次・長谷川信美・藤代 剛・稲澤 昭・駒谷謙司・六車三治男・山内 清・竹之内慎一・森下敏朗・矢野光紘・山下 寛・高橋勝南 (2000) 焼酎粕ペレット飼料が肉用牛の成長および肉質に及ぼす影響 (予備試験). 宮崎大学農学部研究報告 47, 1-12.

杉本安寛・武藤 勲・豊満幸雄・河野恵宣・馬場由成 (1998) 農耕地由来の窒素による水質汚染機構の解明と汚染防止対策に関する研究. 平成 7・8・9 年度科学研究費補助金 (基盤研究 (B) (2)) 研究成果報告書.

上村幸廣・鳩野哲也・西園直生子 (1993) 甘しょ焼酎廃液の農耕地還元技術. 鹿児島県農業試験場研究報告 22, 105-111.

宮崎県農政水産部営農指導課・宮崎県土壤肥料対策協議会 (編) (1999) 主要作物の施肥基準. p. 73-77.