

<sup>15</sup>N トレーサー法による焼酎粕由来窒素の動態解析

鹿児島高専 (学) ○米田真美 山内正仁 木原正人 宮崎大学 増田純雄  
長岡技術科学大学 山田真義 原田秀樹 鹿児島大学 樗木直也 稲永醇二

## 1. はじめに

九州地区で発生する焼酎粕量の約半分量の 33 万 4 千 ton を占める鹿児島県では、10 万 8 千 ton の焼酎粕が海洋投棄処分されているが、2004 年 6 月に「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律 (海防法)」が一部改正され、2007 年までに施行されることになった。このため、焼酎粕の海洋投棄は今後全面禁止の方向に進むと考えられ、焼酎メーカーにとってはひっ迫した課題となっている。

焼酎粕は高濃度のスラリー状有機物であり、そのままでは経済的にフィージブルな処理法は存在しない。例えば、適切な固液分離操作を行うことにより、液画分はメタン発酵処理、固形画分は家畜の飼料や肥料として有効利用する試みがなされているものの、固形画分を現行の価格の安い肥料・飼料として活用するだけでは、処理設備にかかるコストを差し引いた場合、赤字にならざるを得ないのが実情である。したがって、焼酎粕を原料に付加価値のある新たな製品を生み出す方法の開発が必要である。

このような背景を踏まえて、焼酎粕を有用な資源として活用することで焼酎粕問題を解決し、循環型社会システムの構築に貢献すべく研究を進め、焼酎粕からエコ紙を作製する技術を開発した。

本研究ではエコ紙に含まれる窒素の動態を解明するために、黒ポリエチレンポットの側面に <sup>15</sup>N 標識の焼酎粕から作製したエコ紙を張り、これをエコポットとして小松菜の生育試験を実施し、エコポットの肥料効果を確認した。

## 2. 実験方法

2.1 <sup>15</sup>N 標識甘藷焼酎蒸留粕

20mm 篩いを通した鹿児島県国分市清水産の未耕土しらすに表 1 に示した無機成分を加えて、甘藷栽培用の培養土を調製した。窒素としては <sup>15</sup>NH<sub>4</sub><sup>+</sup><sup>15</sup>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (30Atom%) を使用した。2002 年 6 月 8 日に盥を 8 個準備し、各々培養土を 30kg ずつ詰めた。その際、盥中央部を盛り上げて畝状のものを作り、盥あたり 2 本、コガネセンガン斜め植えた。また、培養土表面をポリマルチで覆い、水分の蒸発を調節した。2002 年 11 月 10 日に栽培を終了し、甘藷を収穫した。本栽培方法では、時間の経過とともにしらすが縮まり、甘藷 (根) の肥大があまり見られず、盥あたり 200~300 g の収量しか得られなかった。栽培後、鹿児島県工業技術センター内で本格芋焼酎を製造し、甘藷焼酎粕を得た。本格芋焼酎は米 : 1 に対して甘藷 : 5 の割合で仕込むため、今回収穫した甘藷量では <sup>15</sup>N 含有焼酎粕を 2.5 L しか得ることができなかった。なお、本実験で得られた甘藷焼酎粕は凍結乾燥後、質量分析計 (Thermo Finnigan 社製 DELTA<sup>plus</sup> Advantage) で T-N、<sup>15</sup>N を定量した。その結果、T-N : 3.51%、<sup>15</sup>N : 12.3 Atom% であった。

表 1 未耕土しらすに添加した無機成分

元素	施用量	化学形態
N	50mg/kg	<sup>15</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> <sup>15</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
P	22mg/kg	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
K	83mg/kg	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , KCl
Mg	50mg/kg	MgSO <sub>4</sub>
Ca	100mg/kg	CaCl <sub>2</sub>
Fe	50mg/kg	FeCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O
B	5mg/kg	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
Cu	1mg/kg	CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O
Mo	0.5mg/kg	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O
Zn	5mg/kg	ZnCl <sub>2</sub>
Mn	5mg/kg	MnSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O

## 2.2 エコポットの作製

今回収穫した甘藷量では <sup>15</sup>N 標識の焼酎粕を 2.5 L しか得ることができず、エコポットを多く作製することは困難であった。したがって、従来の方法にしたがい、古紙混合比 3% のエコ紙を作製し、ポリポット内側 (側面) にポット形状に切り取ったエコ紙を貼り付けたものをエコポットとして、実験に供することとした。

2.3 <sup>15</sup>N 標識エコポットを用いた小松菜の栽培試験

試験方法 : 本試験の培養土にはくん炭 17.4%、鹿沼土 8.7%、ゼオライト 0.1%、ピートモス 4.3%、黒ボク土 69.5% の割合で混ぜたものをポット当たり 500g 用いた。

表 2 に培養土の化学性を示す。培養土の pH は 6.51 (H<sub>2</sub>O) であり、T-N、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 量はそれぞれ 186、0.64、1.06mgN/100g 乾土であった。試験区分は黒ポリポット (直径 12cm、高さ 10cm) の内側 (側面) にエコ紙を張り、その中に培養土を詰めたエコポット区、黒ポリポットの内側 (側面) にエコ紙を張り、その中に培養土と化学肥料 (昭光通商 (株) 製エメラルドグリーン、保証成分 (%) ; N:P:K=14:14:14) を混和したものを詰めたエコ+化学肥料区、黒ポリポットに培養土を詰めた無肥料区、黒ポリポットに培養土と化学肥料を混和したものを詰めた化学肥料区の 4 区であり、それぞれ 6 個体ずつ準備した。

試験経過 : 2003 年 6 月 26 日にポット当たり 5 粒小松菜 (ごせき晩生、発芽率 85% 以上) を播種し、鹿児島大学農学部を設置してある鉄骨ハウス内で栽培を開始した。その後、7 月 3~4 日目 (播種後 7~8 日目) にかけて子葉が展開したため、3

表 2 培養土の化学性

土壌	分析項目	pH H <sub>2</sub> O	EC μs/cm	T-N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	CEC mg/100g乾土
				mgN/100g乾土			
培養土		6.51	150.5	186	0.64	1.06	289

キーワード 焼酎蒸留粕、エコポット、<sup>15</sup>N トレーサー試験

連絡先 〒899-5193 鹿児島県始良郡隼人町真孝 1460-1 鹿児島工業高等専門学校 土木工学科 TEL0995-42-9124

本に間引きを行い、8月2日(播種後37日目)に栽培を終了した。

調査分析:2003年7月20日(播種後24日目)に小松菜の生育状況を把握するために葉数を調査後、葉緑素計(MINOLTA、SPAD-502)でSPAD値を測定した。また、栽培終了時にはSPAD値、草丈(葉長)、葉数を調査後、作物体の採取を行い、地上部(葉)、地下部(根)の乾燥重量を測定後、T-N、<sup>15</sup>Nを質量分析計で定量した。また、跡地土壌については、pH、ECをそれぞれpHメーター、ECメーターを用いて測定した。無機態窒素は10%塩化カリウムで抽出後、蒸留法で、また、T-N、<sup>15</sup>Nは質量分析計で定量した。

4. 実験結果と考察

表3に栽培試験結果を示す。全体的な傾向として、植物体の生長はエコ+化学肥料区が最も良く、ついで化学肥料区、エコポット区、無肥料区の順であった。これはエコ+化学肥料区の窒素施用量が化学肥料区の2.5倍程度、エコポット区の1.7倍程度多いためと考えられる。次にエコポット区と無肥料区をポット当たりの窒素吸収量で比較してみると、エコポット区は無肥料区より10倍程度多かった。また、エコ+化学肥料区と化学肥料区の比較においても、エコ+化学肥料区の窒素吸収量が化学肥料区よりも1.5倍程度多かった。以上の結果から、エコポットには肥料効果があることは明らかである。

図1に<sup>15</sup>Nトレーサー実験で得られたエコポット区、エコ+化学肥料区の栽培終了時のエコポット由来の窒素収支を示す。エコポット区の場合、エコ紙に含まれる窒素成分のうち、地上部、地下部へ吸収されたものの割合はそれぞれ14.6%、1.9%であった。また、エコポット由来窒素の約半分(54.2%)は土壌中に残存していた。一方、エコポット+化学肥料区の場合、地上部へ吸収されたものの割合は31.5%であり、エコポット区より約2倍高かった。これは表3で示したように植物体の生長がエコポット区より良いためである。また、地下部、土壌中に含まれるエコポット由来の窒素の割合はそれぞれ2.0%、35.7%であった。以上の結果から、エコポット中の窒素成分の約70%は栽培期間中に紙から溶出し、植物に吸収されたり土壌中に存在することがわかった。

表4に栽培終了時の土壌の化学性を示す。栽培開始時と終了時でEC、無機態窒素量を比較すると大きな差は見られなかった。このことから、エコポット由来の窒素が土壌に付加されたのに土壌中の無機態窒素量が増加していないことから、エコポット由来の土壌に残存している窒素は微生物による取り込みにより、有機化が進行していると考えられる。また、有機化した窒素は徐々に無機化し、長期にわたって作物に吸収されると考えられる。

4. おわりに

本研究で得られた知見を示す。

- 1) <sup>15</sup>Nトレーサー実験において、エコポット由来窒素の動態を解析した結果、エコポットに含まれる窒素成分のうち、地上部、地下部へ吸収されたものの割合はそれぞれ14.6%、1.9%であった。また、エコポット由来窒素の約半分(55.6%)は土壌中に残存していた。したがって、エコポット中の窒素成分の約70%は約1ヶ月間の栽培期間中に紙から溶出することがわかった。
- 2) 小松菜の栽培開始時と終了時における土壌中のEC、無機態窒素量を比較すると大きな差は見られなかった。しかし、エコポット由来窒素の55.6%は土壌中に残存していることから、土壌中のエコポット由来の窒素は微生物による取り込みにより、有機化が進行していると考えられた。

表3 小松菜の栽培試験結果

区名	播種後24日目		栽培終了時(37日目)			
	葉数 (枚)	草丈 (cm)	葉数 (枚)	地上部 (乾重g/ポット)	地下部 (乾重g/ポット)	窒素吸収量 (mgN/ポット)
無肥料区(ポリポット)	5	5.9	5.7	0.287	0.067	2.817
化学肥料区	7.4	23.0	10.1	4.300	0.480	79.15
エコポット区	6.9	19.5	8.7	2.190	0.271	35.12
エコ+化学肥料区	7.7	24.7	11.0	5.263	0.403	133.8

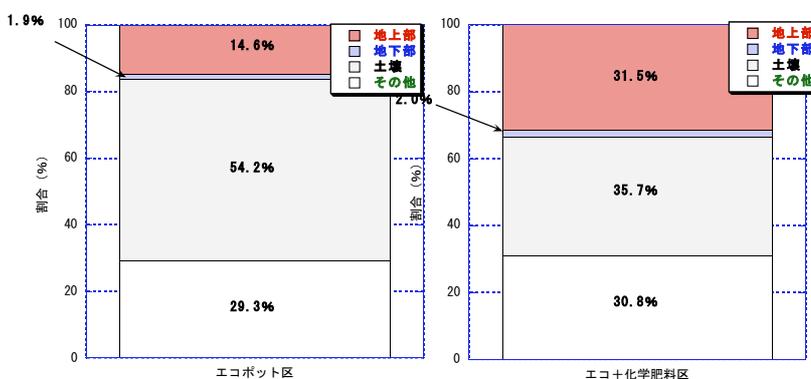


図1 エコポット由来の窒素収支

表4 栽培終了時の土壌の化学性

区名	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (μs/cm)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mgN/100g乾土)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mgN/100g乾土)
無肥料区(ポリポット)	6.58	205.3	1.002	0.908
化学肥料区	6.50	217.0	0.900	0.873
エコポット区	6.65	199.0	0.623	1.020
エコ+化学肥料区	6.53	214.4	0.970	0.966