

(45) 焼酎蒸留粕で作製した資源循環型ポットを用いたミニトマトの生育試験

Study on the Growth Test of Mini Tomatoes using the *Sosei* Paper Pots
Made from *Shochu* Waste Stillage

山内正仁*, 増田純雄**, 木原正人*, 米山兼二郎***, 稲永醇二****

Masahito YAMAUCHI*, Sumio MASUDA**, Masato KIHARA*, Kenjirou YONEYAMA*** and Shunji INANAGA****

ABSTRACT; As an effective utilization of waste stillage which will be banned from dumping into sea in the near future, the authors have studied and succeeded in making *sosei* paper pots by using waste stillage from *shochu* distilleries. And the physical, mechanical, and chemical properties of a *sosei* paper pot have so far been clarified.

In this research, in order to investigate whether *sosei* paper pots can be effectively utilized as one of agriculture materials, the growth test of mini tomatoes was carried out using *sosei* paper pots, waste paper pots (conventional pots), and polyethylene pots. Consequently, after planted in the field, the growth of mini tomatoes in *sosei* paper division was greater than those in waste paper pots and polyethylene pots. Moreover, in the division with the *sosei* paper pots, the fertilizer was never found to run out during the cultivation. The roots broke through the *sosei* pot, spread radially in the soil, and the pot did not have any influence on the growth of the root. Also, in all divisions, no root was found rotten.

N.B. *sosei* paper (*sosei* means reborn)

KEYWORDS; resource recycling goods, agriculture materials, *shochu* waste stillage, waste newspaper, effective utilization, growth test

1. はじめに

我が国の本格焼酎生産の約98%を占める九州地区では、年間48万3千ton(2000酒造年度)の焼酎蒸留粕(以下、焼酎粕)が排出され、このうち15万2千tonが海洋投棄処分されている¹⁾。

中でも、九州地区で発生する焼酎粕量の約半分量の24万4千tonを占める鹿児島県では、今尚13万3千tonの焼酎粕が海洋投棄処分されている¹⁾。今後、我が国もロンドン条約を批准するとみられ、海洋投棄に替わる経済的にフィージブルで環境低負荷型の陸上処理技術を開発する必要に迫られており、焼酎メーカーにとってはひっ迫した課題となっている。特に鹿児島県の工業出荷額に占める焼酎の割合は第1位であり、食品製造業の1割、700億円であり、焼酎粕を陸上で効果的に処理する方法の開発は、地域産業の活性化および環境保全の上から最重要な課題である²⁾。

焼酎粕の陸上処理法は肥料化、飼料化と生物処理、焼却処理等のプラント処理に別けられる。これらの方法を社会的・経済的背景に照らして考えると、肥料化については、地下水汚染、土壌の酸性化の問題があるため、焼

* 鹿児島工業高等専門学校土木工学科 (Dept. of Civil Engineering, Kagoshima National College of Tech.)

** 宮崎大学工学部土木環境工学科 (Dept. of Civil and Environmental Engineering, Miyazaki Univ.)

*** 株式会社アシップ (Aship co., Ltd.)

**** 鹿児島大学農学部 (Faculty of Agriculture, Kagoshima Univ.)

酎粕の農耕地施用のガイドラインにより散布量が規制されている^{3), 4)}。したがって、現在の処理方法では、全排出量を地域内で循環再利用することは困難である。飼料化については、焼酎粕の90%以上は水分であるため腐敗し易いこと、家畜は配合飼料で生育管理されており、非常にデリケートな生き物であるため、高度な品質管理が要求されることから、焼酎粕を乾燥させただけでは商品にならず、コスト高になる、等問題が多い⁵⁾。生物処理については、設備規模が大きくなる、焼酎粕はCOD_{cr}濃度が80,000~100,000mg/L程度の濃厚スラリー状有機物であるため、固液分離が難しく、さらに従来の嫌気性処理法(有機物負荷10kgCOD/m³day)では時間がかかり過ぎる、維持管理が難しい、等の問題がある⁵⁾。焼却処理については維持管理やコスト面の問題があり、さらに、農作物由来の副産物である焼酎粕を地上から消滅させることは、有効資源の未利用、二酸化炭素の発生、等々、解決されなければならない多くの問題がある^{5), 6)}。このように、焼酎粕の陸上処理技術は未だ開発途上の段階にあり、環境配慮型の有効な技術が確立されていないのが現状である。

このような背景の中で、筆者等は焼酎粕に古紙を混合し、成型・加圧することで焼酎粕を固、液部に容易に分離でき、かつ、固形部については肥料成分を多量に含有する紙状製品(蘇生紙製品)を作製する技術を確認した^{7), 8), 9)}。本技術によるとスクリュデカンター型(大型の遠心分離機)の固液分離装置と同等以上の固液分離性能が実現できる。さらに、本技術は①焼酎粕のみならず古紙の有効利用につながる、②腐敗防止、廃水処理の負荷低減、③紙資材にすることで、植物栽培ポット等の農業用資材、法面緑化基盤材等への活用が見込まれ、用途拡大、市場拡大につながり、かつ地域内外での廃棄物からの資源循環有効利用を促進することが可能になる等の効果をもたらす。

筆者等はこれまでにこの技術を利用して、紙の具体的製品の一つである蘇生紙ポットを試作し、ポットの物理・力学的特性、化学的特性及びポット作製過程で生じる廃液の性状特性について検討し、蘇生紙ポットの諸特性を明らかにしてきた⁹⁾。

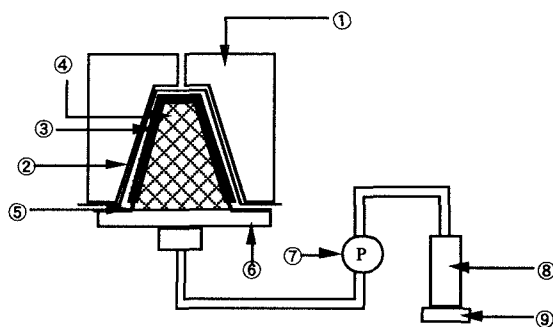
そこで、本研究では蘇生紙ポットの諸特性を踏まえて学内に設置されているビニルハウス内でミニトマトの生育試験を行い、蘇生紙ポットの農業用資材としての効果を確認した。

2. 蘇生紙ポット作製方法と生育試験方法

2.1 蘇生紙ポット作製方法⁹⁾

図-1 に蘇生紙ポット作製装置を示す。本試験では甘藷焼酎粕500gに1cm角に切った古紙(M新聞:鹿児島県鹿児島市)を甘藷焼酎粕100g当たり3g(以下、古紙混合比3%と表す)添加後、フードカッター(松下電気産業(株)MK-K57, 2,900rpm)で3分間粉砕する作業を繰返し、試料を約25kg調製した。この試料を不透水性のシート中に780g入れ、上金型を下金型に合わせ、金具で固定し、真空圧を0.05Mpaに保ち、2.5分間吸引した。吸引後、脱型用の網と不透水性シートを取り外し、試料(ポット)を乾燥器用ステンレス容器に入れ、60℃で10時間乾燥させた。乾燥後の蘇生紙ポットはデシケーター内で保存した。なお、本装置で作製された蘇生紙ポットの諸特性を表-1に示す⁹⁾。

2.2 蘇生紙ポットを用いた生育試験方法



- ①下金型, ②不透水性シート, ③試料, ④ステンレス製網,
- ⑤脱型用網, ⑥上金型, ⑦真空ポンプ, ⑧廃液回収瓶,
- ⑨電子天秤

図-1 蘇生紙ポット作製装置

2.2.1 試験方法

本試験の培養土には石灰 1%、ゼオライト 2%、ピートモス 15%、くん炭 25%、黒土 57%の割合で混ぜたものをポット当たり 300g 用いた。表 2 に培養土の化学性を示す。培養土の pH は 6.00 であり、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 量はそれぞれ 6.34、3.21mgN/100g 乾土であった。また、化学肥料には CDUS-555 (チッソ (株)、保証成分 (%); N:P:K=15:15:15) をポット当たり 1.2g 使用した。試験区分は黒ポリエチレン

表-1 蘇生紙ポットの諸特性

分析項目	結果	分析項目	結果
重量 (g)	52.5±1.5	横方向圧縮強さ (N)	399.2±14.5
坪量 (g/m ²)	1097±50	引張り強さ (N)	120.0±23.7
側面厚さ (mm)	2.46±0.42	T-N (%)	2.04
高さ (cm)	12.0±0.50	P ₂ O ₅ (mg/kg)	4,170
密度 (g/cm ³)	0.45±0.02	K ₂ O (mg/kg)	6,200
収縮率 (%)	13.4±2.6	CaO (mg/kg)	3,850
吸水度 (mm)	27.5±2.0	MgO (mg/kg)	1,620
縦方向圧縮強さ (N)	751.7±36.7		

ポット (以下、ポリポット; 直径 12cm、高さ 10cm) に培養土を詰めたポリ区、ポリポットに化学肥料と培養土を混和したものを詰めたポリ+化学肥料区、古紙混合比 3% で作製した蘇生紙ポット (直径 13.5cm、高さ 11.5cm) に培養土を詰めた蘇生紙区、蘇生紙ポットに化学肥料と培養土を詰めた蘇生紙+化学肥料区、ポリポットの中に蘇生紙ポットを入れ、蘇生紙ポット表面をポリポットで覆った蘇生紙+ポリ区と蘇生紙+ポリ+化学肥料区、及び現在市販されている古紙ポット (株) R 社; 古紙 100% (新聞紙 30%、段ボール紙 70%) で作製された再生紙ポット (T-N; 0.21%、P₂O₅; 305mg/kg、K₂O; 899mg/kg、CaO; 2,510mg/kg、MgO; 1,310mg/kg) を用いた古紙区と古紙+化学肥料区の 8 区をそれぞれ 7 個体ずつ準備した。

表-2 ポット土壌 (培養土) の化学性

分析項目 土壌	pH H ₂ O	EC ms/cm	NH ₄ -N	NO ₃ -N
			mgN/100g 乾土	
培養土	6.00	0.984	6.34	3.21

2.2.2 試験経過

2001 年 2 月 26 日に育苗箱にミニトマトを播種し、本葉が 4 枚に展開した 3 月 15 日 (播種後 17 日目) に鉢上げを行った。またミニトマトの第 2 花房の開花に合せて各区 5 個体を 5 月 10 日 (播種後 74 日目) に直径 25cm、高さ 33cm のワグネルポット (表面積 1/2000a) に、蘇生紙ポット及び古紙ポットはポットごと、ポリポット及び蘇生紙+ポリポットはポリポットを取り除いた後定植し、残りはミニトマトのこれまでの生育状況を確認するために回収した。定植したもののについては 6 月 4 日 (播種後 99 日目) まで栽培した。なお、ミニトマトは 1 本仕立てで栽培した。表-3 にミニトマトを定植した土壌 (ワグネル土壌) の化学性を示す。ワグネル土壌の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 量はそれぞれ 0.16、0.31mgN/100g 乾土であり、EC も 0.032ms/cm と低かった。

表-3 ワグネル土壌の化学性

分析項目 土壌	pH H ₂ O	EC ms/cm	NH ₄ -N	NO ₃ -N
			mgN/100g 乾土	
ワグネル土壌 (圃場)	6.53	0.032	0.16	0.31

2.2.3 調査項目

播種後 46 日目、53 日目、64 日目、71 日目、78 日目、85 日目、92 日目、99 日目にミニトマトの草丈、葉数、最大葉長、SPAD 値 (葉緑素含量を示す値) を測定した。SPAD 値の測定には葉緑素計 (MINOLTA、SPAD-502) を用いた。ハウス内温度、地温については毎日、灌水前に測定した。なお、地温については区画ごとに測定した。また、定植時 (播種後 74 日目) と栽培終了時 (播種後 99 日目) には根の生育状態を確認後、根、茎、葉、果実の乾燥重量を調査した。 (定植時には果実は無い。)

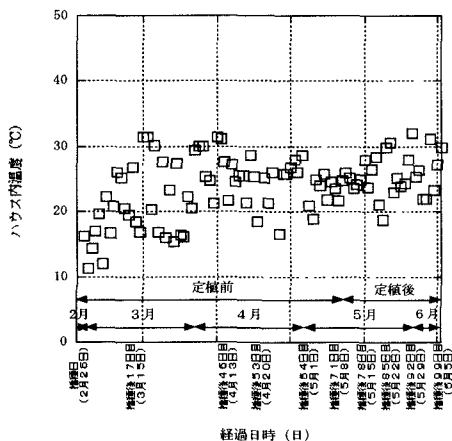


図-2 ビニルハウス内温度

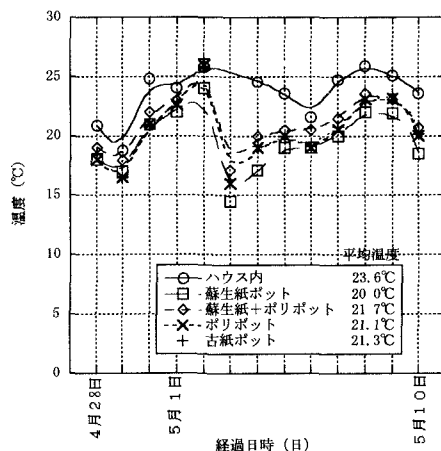


図-3 各区画のポット内温度

3. 結果と考察

図-2 にビニルハウス内温度の経日変化を示す。本葉が 4 枚に展開した 2 月から 3 月にかけてはハウス内温度が 20℃以下と低く、ミニトマトの生育に適さない環境であった。しかし 4 月（播種後 33 日目）に入るとハウス内温度が 20℃を越える日が多くなり、ミニトマトの生育最適温度 20～25℃に達した¹⁰⁾。それ以降は、栽培終了時までほぼ 20℃～30℃の範囲で推移した。

図-3 にハウス内温度がミニトマトの至適温度に達した期間（4 月 28 日～5 月 10 日）の各区画のポット内温度を示す。

全体的な傾向としてポット内温度はハウス内温度より 1.9～3.6℃低い値であった。つぎに区画ごとに比較すると、蘇生紙+ポリ区が 21.7℃で最も高く、ついで古紙区、ポリ区で 21.3℃、21.1℃、蘇生紙区で 20.0℃であった。このように、蘇生紙ポットは従来のポリポットに比べポット内温度が 1℃程度低くなることが明らかとなった。これは、蘇生紙ポットの物性、つまり従来のものに比べ蘇生紙ポットは吸水性、通気性に優れていることが影響しているためと考えられる。

図-4 にミニトマトの草丈の経日変化を示す。草丈は子葉から生長点までの長さとした。この図から明かなように全ての区において播種後 53 日目までは草丈の生長は緩やかであり、生育に差は見られなかったが、53 日目から 64 日目にかけて急激に生長した。これはミニトマトの生育適温と伸長期

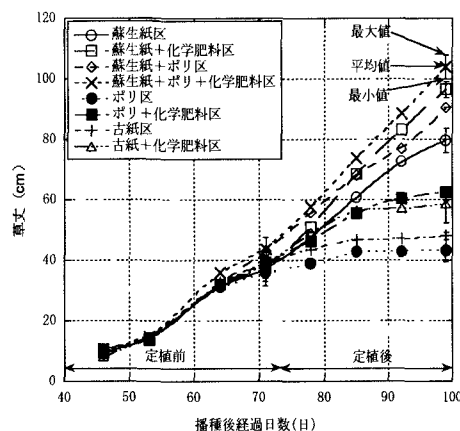


図-4 草丈の経日変化

が一致したためと考えられる。特に蘇生紙ポット表面をポリポットで覆った蘇生紙+ポリ+化学肥料区、蘇生紙+ポリ区はここから他区に比べ生長が良くなる傾向にあった。これは蘇生紙ポット表面をポリポットで覆うことで蘇生紙の保水性が維持され、その結果、蘇生紙中の肥料成分が土壤中に溶出し易くなったためと考えられる。定植時における草丈は蘇生紙+ポリ+化学肥料区が 43.7cm と最も高く、次いで蘇生紙+ポリ区 42.8cm、ポリ+化学肥料区 39.2cm の順であった。ワグネルポットに定植後は、全ての区において生長に差が見られた。特に蘇生紙+化学肥料区、蘇生紙区は蘇生紙ポット表面をポリポットで覆ったものと同様な傾向を示した。これは、蘇生紙ポットは通気性が良く、乾燥し易い特徴を有するが、ワグネルポットに定植したことで、蘇生紙の保水性が保たれ、

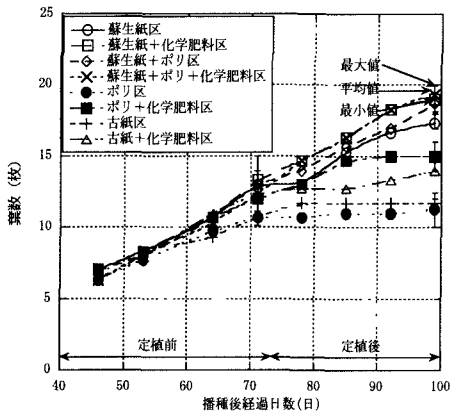


図-5 葉数の経日変化

それにより蘇生紙中の肥料成分が土壤中に溶出し易くなったためと考えられる。ポリ区、ポリ+化学肥料区、古紙区及び古紙+化学肥料区の草丈の変化は蘇生紙を用いた区に比べて定植後は緩やかであり、栽培 85 日目以降は生長に差は見られなかった。栽培終了時の草丈は蘇生紙+ポリ+化学肥料区で 104.0cm と最も高く、次いで蘇生紙+化学肥料区、蘇生紙+ポリ区、蘇生紙区の順であり、他のポリ系や古紙系のポット区とは生長に大きな差が生じた。以上の結果から、全体的に蘇生紙ポット+ポリ系の区画が良好な生育を示したのは、1) 蘇生紙の肥料成分が土壤中に溶出するための湿度がうまく保てたため、2) その溶出した肥料成分が栽培期間中常に植物に供給されていたため、と考えられる。

図-5 に葉数の経日変化を示す。葉数は葉長 3cm 以上の展開葉数とした。全体的に、葉数は草丈と同様な傾向が見られた。栽培終了時の葉数は、蘇生紙+ポリ+化学肥料区が 19.3 枚と最も多く、次いで蘇生紙+化学肥料区 19.0 枚、蘇生紙+ポリ区 18.7 枚、蘇生紙区 17.3 枚の順であり、蘇生紙を使用した区で多くなる傾向にあった。また、これらの区については節間の徒長も見られず、窒素の過剰な吸収は認められなかった。

図-6 にミニトマトの最大葉長の経日変化を示す。最大葉長は最大葉の基部から先端までの長さとした。最大葉長は図-2 の生育至適温度 (20~25℃) の 4 月 20 日 (播種後 53 日目) から 71 日目にかけて肥料分を含有する区画では急激な生長が見られた。またワグネルポットに定植後は、蘇生紙区では紙中の肥料成分の土壌への溶出により、緩やかな伸長が見られた。このことから最大葉長は生育初期の肥料効果が影響していると思われる。

図-7 にミニトマトの SPAD 値の経日変化を示す。SPAD 値は最大葉で測定した。播種後 46 日目の SPAD 値は 36.0 ~41.0 と全ての区において大きな差は見られなかったが、53 日目以降にポリ区と古紙区の SPAD 値は急激に小さくなった。また、ポリ+化学肥料区、古紙+化学肥料区もそれぞれ 71 日目に 46.2、64 日目に 44.4 の最大値を示し、それ以降、急激に減少した。しかし、蘇生紙ポットを使用した区では栽培期間全体を通してポリ系、古紙系と比較して SPAD 値の変化は小さかった。以上の結果から、蘇生紙ポットを使用した区では葉長の一定し始めた生育後半においても目立った肥料切れは起こっていないことが確認された。

表-4 に定植時におけるミニトマトの根、茎、葉の乾燥重量の調査結果を示す。定植時では化学肥料を添加し

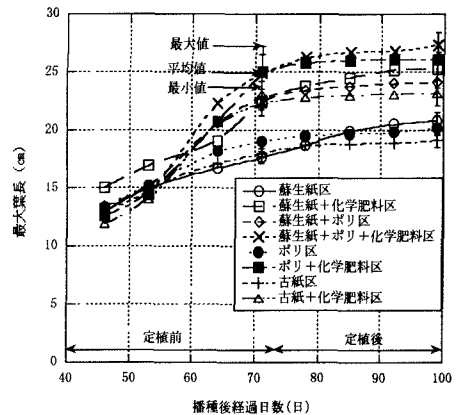


図-6 最大葉長の経日変化

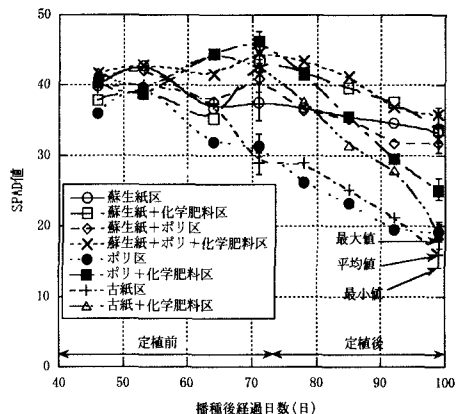


図-7 SPAD 値の経日変化

た区で良い生育が見られた。特に蘇生紙+ポリ+化学肥料区が他区と比較して生育が良く、根重、茎重、葉重はそれぞれ3.47g、2.15g、4.55gであった。

写真-1 に定植時における各区画の根の生育状況を示す。蘇生紙区及び蘇生紙+化学肥料区の根は蘇生紙内部に一部伸長していた。また、根はポット内部で放射状に広がっていた。蘇生紙+ポリ

区及び蘇生紙+ポリ+化学肥料区では、両区とも根は蘇生紙を突破り伸長していた。特にポット下部と側面下部からの伸長量が多かった。これは蘇生紙表面をポリポットで覆うことで蘇生紙の保水性が保たれ、根の伸長が容易となったためと考えられる。ポリ区では、肥料成分不足により、一般的な栽培で見られるポリ+化学肥料区に比べ、根の伸長は見られなかった。古紙区についてはポリ区と同様な結果が得られた。

表-4 定植時のミニトマトの各部の乾燥重量 (g/ポット)

試験区	根重 (g)	茎重 (g)	葉重 (g)
蘇生紙区	1.87	1.53	3.13
蘇生紙+化学肥料区	2.15	2.06	3.61
蘇生紙+ポリ区	2.16	1.56	3.21
蘇生紙+ポリ+化学肥料区	3.47	2.15	4.55
ポリ区	1.16	1.62	2.39
ポリ+化学肥料区	2.02	2.11	4.22
古紙区	1.17	1.91	2.59
古紙+化学肥料区	2.20	2.08	3.52

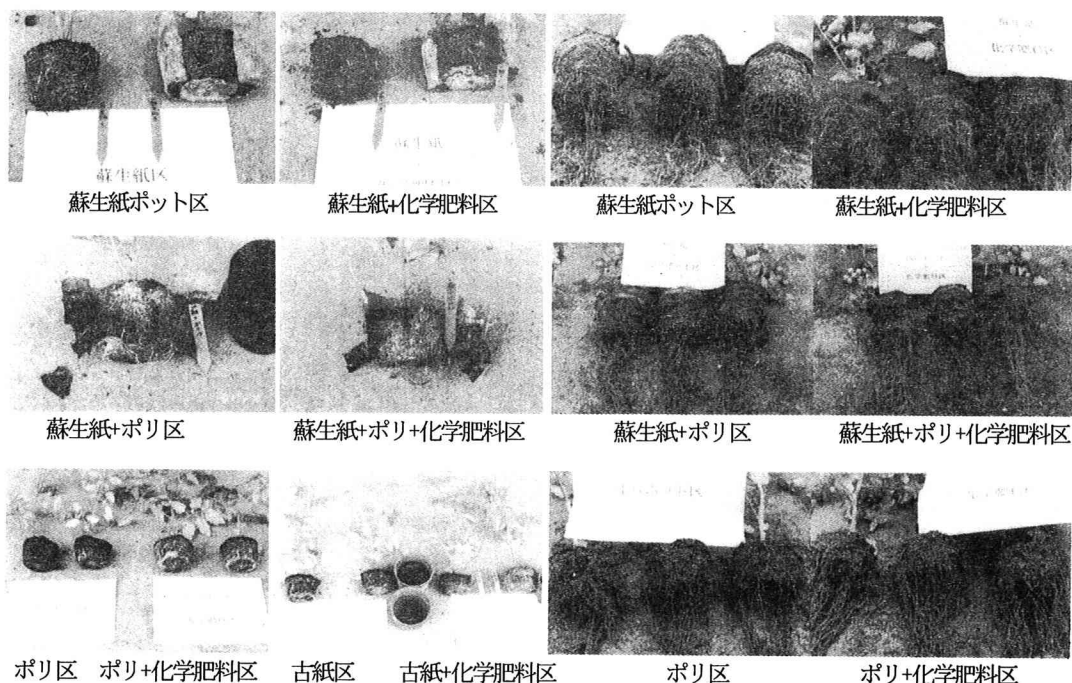


写真-1 各区画における定植時の根の生育状況

写真-2 に栽培終了時の各区画の根の生育状況を示す。蘇生紙区の根はポットの外には出ているが、根量は他の蘇生紙区に比べ明らかに少なかった。一方、蘇生紙+化学肥料区、蘇生紙+ポリ区、及び



写真-2 各区画における栽培終了時の根の生育状況

蘇生紙+ポリ+化学肥料区では、根は放射状に広がり、根の先端がワグネルポット底部まで達していた。また、蘇生紙を使用した区画では蘇生紙の強度が無くなり、かつ、根が蘇生紙に絡み付いており、蘇生紙の回収は困難であった。古紙区は肥料区、無肥料区共にポットが腐食した様子は見られなかった。両区ともに根は古紙ポットの排水用の穴から伸長しており、その他の部分からの根の伸長は見られなかった。

表-5 栽培終了時のミニトマトの各部の乾燥重量 (g/ポット)

試験区	根重 (g)	茎重 (g)	葉重 (g)	果重 (g)
蘇生紙区	3.92	4.56	6.15	10.68
蘇生紙+化学肥料区	6.19	7.07	8.80	13.20
蘇生紙+ポリ区	5.49	5.89	7.14	12.70
蘇生紙+ポリ+化学肥料区	6.40	8.10	10.06	14.25
ポリ区	1.89	2.22	1.78	1.80
ポリ+化学肥料区	4.55	5.25	5.98	5.55
古紙区	1.97	2.99	2.67	1.81
古紙+化学肥料区	3.08	4.62	5.78	4.11

表-5 に栽培終了時のミニトマトの根、茎、葉、果実の乾燥重量の調査結果を示す。全体的に蘇生紙+ポリ+化学肥料区が最も重く、次いで蘇生紙+化学肥料区、蘇生紙+ポリ区、蘇生紙区の順であった。つぎに各区における化学肥料無添加のもので比較すると、果重は蘇生紙+ポリ区、蘇生紙区でそれぞれ 12.70g、10.68g であり、ポリ区、古紙区の 5.9~7 倍の収量であった。その他の調査項目においても、蘇生紙ポットを使用した区は、ポリ区、古紙区と比較して生育に顕著な差が生じた。以上の結果から蘇生紙ポットに肥料的効果があることが明らかとなった。

4. おわりに

本研究では甘藷焼酎粕を原料として作製した蘇生紙ポットを用いてミニトマトの生育試験を実施し、蘇生紙ポットの農業用資材としての効果を確認した。以下、本研究で得られた知見を示す。

- 1) 蘇生紙ポットの表面をポリポットで覆うことで、早い段階での蘇生紙ポットの肥料効果が高まり、重要とされる初期生育が順調に行われる。
- 2) 蘇生紙ポットを使用した区では、葉長の一定し始めた生育後半（定植後）においても目立った肥料切れは観察されなかった。
- 3) 定植後において、蘇生紙ポットを使用した区では、ポリ区、古紙区と比較して生育の差は顕著であった。
- 4) 蘇生紙ポットは試験期間中において植物体に障害を与えることはなかった。
- 5) 蘇生紙ポット単独で使用しても十分な肥料効果が期待される。

本研究は NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の平成 12 年度即効型産業技術研究助成事業の助成を受けた（プロジェクト ID 00X42004x、研究代表者：山内正仁）ことを付記し、ここに関係各位に感謝致します。

参考文献

- 1) 鹿児島県酒造組合連合会：平成 12 酒造年度本格焼酎原料別製成数量と蒸留粕の処理別・月別数量（2001）
- 2) 鹿児島県本格焼酎技術研究会：鹿児島の本格焼酎，春苑堂出版，pp. 163-184（2000）
- 3) 外川健一，松永裕己：南九州における焼酎廃液処理の現状と課題，九州経済調査月報，50 巻，8 号（1996）
- 4) 鹿児島県農政部：焼酎廃液（粕）の農耕地施用のガイドライン，pp. 1-9（1995）
- 5) （株）三菱総合研究所：焼酎蒸留粕の処理・リサイクル技術（1998）
- 6) 新村孝善：焼酎蒸留粕の処理状況に関する研究や取り組みの現状について，KIF 情報，（財）鹿児島県新産業育成財団，5 巻，pp. 10-11（1996）

- 7) 山内正仁, 平田登基男, 松藤康司 他 3 名 : 甘藷焼酎蒸留粕の有効利用に関する研究-蘇生紙作製とその物理的・力学的性質-, 廃棄物学会論文誌, Vol. 10, No. 4, pp. 204-213 (1999)
- 8) 山内正仁, 清本なぎさ, 平田登基男, 増田純雄, 花嶋正孝 他 3 名 : 甘藷および麦焼酎蒸留粕で作製した蘇生紙の化学的特性とチンゲンサイの生育試験, 廃棄物学会論文誌, Vol. 11, No. 5, pp. 231-240 (2000)
- 9) 山内正仁, 増田純雄, 木原正人 他 4 名 : 焼酎蒸留粕を用いた資源循環型製品の開発に関する研究, 土木学会環境工学研究論文集, Vol. 38, pp. 111-122 (2001)
- 10) 日本農業教育学会 : 学校園の栽培便利帳, (社) 農山漁村文化協会 (1999)