

サツマイモを原料とした焼酎廃液濃縮液の 水稻栽培への利用研究

九州沖縄農業研究センター 九州水田輪作研究チーム 住吉 正

お酒好きの人にとってはもちろん、(あるいはそうでない人にとっても)九州は言わずもがな”焼酎王国”である。焼酎の原料にはその土地の特産物が用いられ、熊本では米焼酎が、大分では麦焼酎が、そして、宮崎、鹿児島では芋焼酎が好まれている。本研究の発端となった宮崎県都城市には霧島酒造株式会社の焼酎醸造工場があり、主に芋焼酎を生産している。

焼酎は発酵させた原材料を蒸留して製造するため、蒸留後には大量の廃液(焼酎廃液、焼酎粕)が排出される。多くの場合この廃液は海洋投棄され、有効には活用されていなかったが、霧島酒造(株)では芋焼酎廃液を特殊肥料として、主に飼料作物畑に全量還元していた。窒素が0.2%程度含まれることから、施肥量は10 t/10 aほどである。この焼酎廃液を連用した畑で、「どうも雑草が少ならしい」ということが聞かれるようになり、「雑草防除にも使えるのではな

いか」という発想が生まれた。

その後の法規制の強化により、海洋投棄や、焼酎廃液そのものを直接農地に還元することが制限されることとなったことから、霧島酒造(株)と九州沖縄農業研究センターの協力の下に、焼酎工場におけるゼロエミッションの実現と地域有機物資源の利用促進を目的とした、焼酎廃液の資材化プロジェクトが開始された³⁾。そして、その一環として雑草防除を含めた水稻栽培への利用に関する研究が行われた。

1. 濃縮液の開発

サツマイモを原料とした焼酎廃液は、そのままの状態では有機物含量が高く、ドロドロとして扱い難いだけでなく、非常に腐敗しやすい。また、農地への還元では10 t/10 aと非常に大量の施用量となる。そこで、固形分を取り除いて液体部分のみを濃縮し、減量とともに扱い易くした濃縮液の開発が行われた。この焼酎廃液濃縮液(写真-1)は、元々の焼酎廃液を凡そ12倍に濃縮したものである。高濃度となったことから腐敗し難く、保存性も改善された。また、表-1に示されるように、3要素を比較的高濃度で含有し、

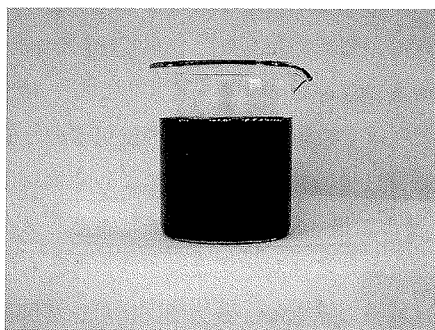


写真-1 焼酎廃液濃縮液

表-1 焼酎廃液濃縮液の成分¹⁾

pH	窒素	リン酸	カリ	含水率
4.0	1.16%	0.74%	2.15%	67%

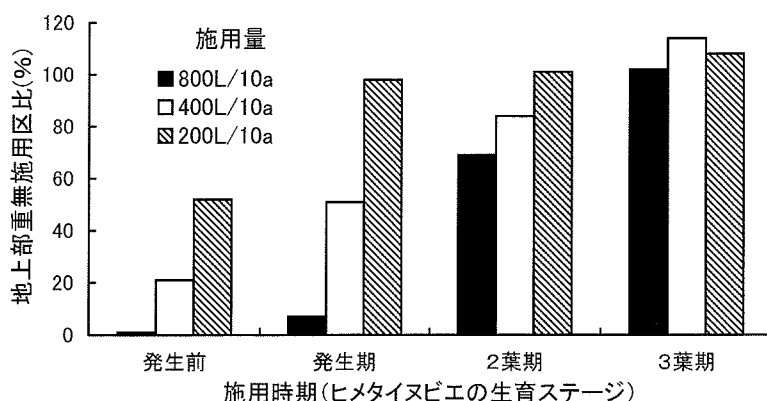


図-1 ヒメタイヌビエに対する抑制効果に及ぼす施用量と施用時期の影響

2004年6月14日に播種し、1カ月後に生育量を調査した。

特殊肥料（焼酎粕諸蜜；しょうちゅうかすもろみつ）として届け出がされている³⁾。

現在では、霧島酒造（株）の焼酎工場の一角にプラントが建設され、焼酎廃液を固形分と液体に分離し、その一部をメタン発酵させてエネルギー源とし、濃縮に用いるというゼロエミッションの設備が稼動している。

2. 焼酎廃液濃縮液に含まれる植物生理活性物質について

サツマイモを原料とした焼酎廃液の抽出物によって、レタスの種子発芽に対する阻害活性が確認された⁵⁾ことから、焼酎廃液に含まれる植物生理活性物質の探索と特性解明が、奥野らによって精力的に行われた。そして、焼酎廃液の成分の一つであるカフェ酸エチルがレタスやメヒシバ、ホソアオゲイトウの種子の発芽阻害と根の伸長阻害活性を示すことが明らかとなった⁶⁾。この物質は原料であるサツマイモ塊根には含まれておらず、焼酎製造工程の二次仕込み段階で生成されることも明らかにされた⁶⁾。また、焼

酎廃液濃縮液にはこれらの他にクエン酸や酢酸なども含まれ、種子の発芽阻害に寄与していることが示された。

3. 焼酎廃液濃縮液の水稻栽培への利用研究

以下の研究で用いられた焼酎廃液濃縮液は、サツマイモを原料とした焼酎製造過程で排出された廃液を、前記のプラントで濃縮液に加工されたもので、霧島酒造（株）より提供されたものである。

1) 水田雑草防除効果

まず初めに、焼酎廃液濃縮液の水稻栽培における雑草防除への利用の可能性を探るため、水田条件での雑草抑制効果について検討が行われた。対象雑草をヒメタイヌビエとして、発生と生育に及ぼす焼酎廃液濃縮液の施用時期と施用量の影響についてポット試験によって検討された⁹⁾。その結果、焼酎廃液濃縮液によるヒメタイヌビエに対する抑制効果は施用時期によって異なり、雑草の発生前～発生期に施用した場合に高く、2葉期以降では劣った（図-1）。200～

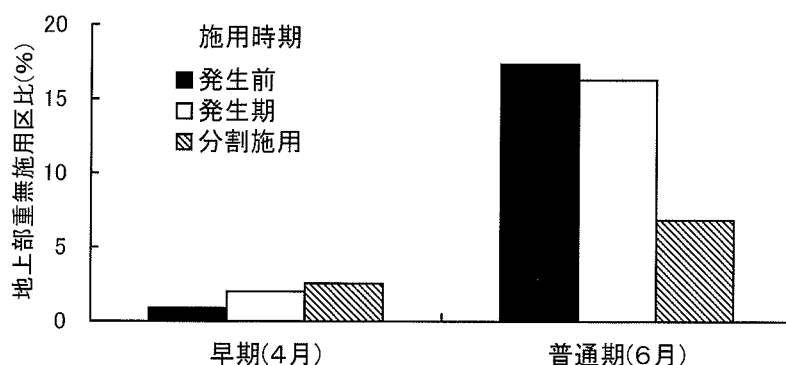


図-2 ヒメタイヌビエに対する抑制効果に及ぼす分割施用の影響

焼酎廃液濃縮液は 400L/10a を施用し、分割施用では発生前と発生期に 200L/10a ずつ施用した。
2006 年 4 月 17 日及び 6 月 20 日に播種し、施用後 4 週間目に生育量を調査した。

800L/10a の範囲では、施用量の増加に伴って抑制効果の増大が認められ、十分な雑草防除効果を得るには 400L/10a 以上の施用が必要であった。また、この場合、雑草の発生前と発生期に 200L/10a ずつに分割して施用しても同等の効果が得られた(図-2)。これらのことから、焼酎廃液濃縮液の雑草抑制効果は、雑草の発生を抑制する効果は高いが、既に発生して生育が進んだ雑草を抑制する効果は低いと考えられた。

次に、焼酎廃液濃縮液が雑草種子の発芽に及ぼす影響について発芽試験によって検討された。その結果、焼酎廃液濃縮液によって水稻種子と

数種雑草種子の発芽が抑制されたが、抑制に有効な希釈濃度は草種によって異なった(表-2)。すなわち、コナギ種子は 100 倍に希釈した溶液中でも全く発芽しなかったが、水稻及びクサネム種子では、10 倍に希釈した溶液でもほとんど発芽抑制は認められなかった。なお、湛水深 4cm の田面水に焼酎廃液濃縮液を 400L/10a 施用すると、100 倍に希釈される計算になる。

以上のことから、水稻栽培において焼酎廃液濃縮液を雑草防除に利用することが可能であるが、十分な雑草防除効果を得るためには、雑草の発生前～発生期に 400L/10a 以上施用する必

表-2 水稻と雑草種子の発芽に及ぼす影響

草 種	施用濃度(各倍率となるように水で薄めて施用)				
	対照(水)	× 1/1000	× 1/100	× 1/10	× 1
水 稻	100	100	100	82	0
ヒメタイヌビエ	100	104	92	22	0
イヌホタルイ	100	27	70	54	0
コナギ	100	103	0	0	0
クサネム	100	105	109	86	0

値は対照区(水)を100とした時の各濃度の発芽率の割合(%)。

要があることが明らかとなった。

2) 水稻の初期生育に及ぼす影響

焼酎廃液濃縮液が雑草に対して強い抑制効果を示すということは、逆に、水稻に対しても影響を及ぼす可能性があり、水稻生育への影響についても検討が行われた。すなわち、直播水稻の苗立ちと初期生育、移植水稻の初期生育に及ぼす施用時期と施用量の影響についてポット試験によって検討された⁷⁾。その結果、直播水稻で

は播種から出芽前(+2)までの施用で苗立ち率が低下したが、出芽期(+3)以降の施用では苗立ち率への影響は認められなかった(図-3)。直播水稻の初期生育は、焼酎廃液濃縮液の施用によって抑制されたが、播種直後(+0)よりも再入水後(+7)の施用では影響が小さかった(図-4)。また、この再入水後の施用では、施用量が多いほど水稻の生育量が大きくなり、焼酎廃液濃縮液の肥料としての効果が現れた結果となった。

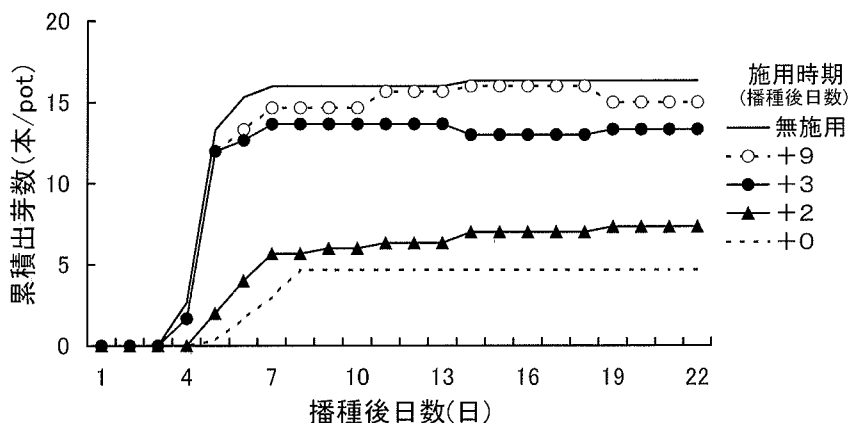


図-3 直播水稻の苗立ち数に及ぼす影響

品種：ヒノヒカリ、2005年6月8日播種、直後に落水、+7再湛水。
焼酎廃液濃縮液は各時期とも800L/10aを施用した。

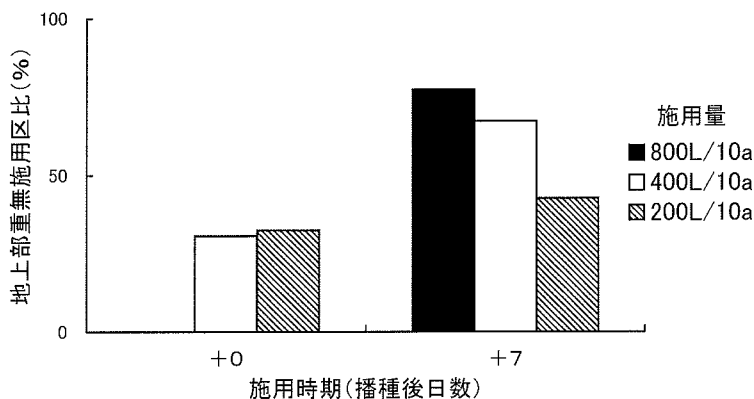
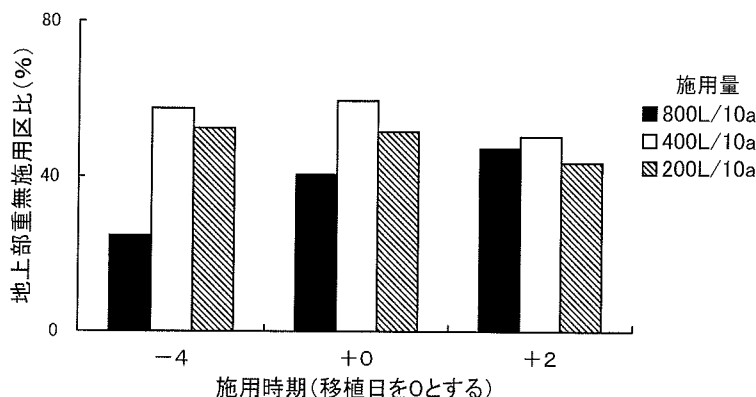


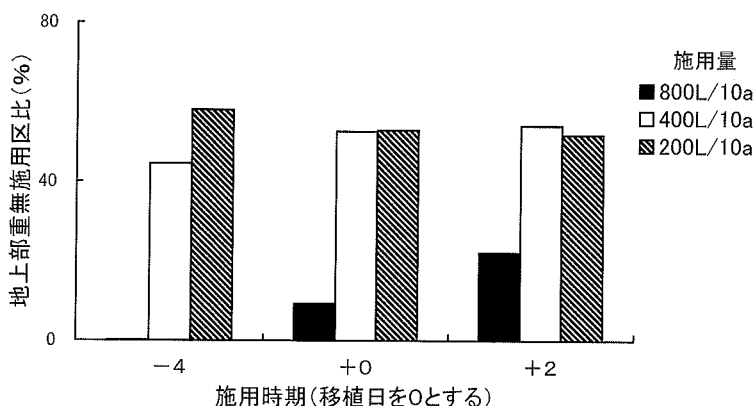
図-4 直播水稻の初期生育に及ぼす影響

品種：ヒノヒカリ、2005年6月6日播種、播種1カ月後に調査。



図－5 早期移植水稻の初期生育に及ぼす影響

品種：キヌヒカリ、2005年4月18日移植、移植1カ月後調査。



図－6 普通期移植水稻の初期生育に及ぼす影響

品種：ヒノヒカリ、2005年6月21日移植、移植24日後調査。

次に、移植水稻に対する影響であるが、早期栽培と普通期栽培の双方において生育抑制が認められた（図－5、図－6）。いずれも代かき直後（－4）、移植直後（＋0）及び活着直前（＋2）の3時期に施用したが、800L/10aの施用では、施用時期が早いほど抑制が大きい傾向であった。200～400L/10aの施用量では、早期栽培と普通期栽培のいずれの施用時期においてもほぼ同程度の生育量となったが、これには焼酎廃液濃縮液による生育抑制と、肥料としての相反する効果が関与したものと推察される。

以上のことから、焼酎廃液濃縮液は水稻の初期生育を抑制するが、肥料効果の発現などによって回復が進行するとともに、施用時期や施用量の調整如何では、抑制自体を回避できる可能性があるものと推察された。

3) 水稻収量に対する肥料効果について

前述のように、焼酎廃液濃縮液は特殊肥料としても届け出られており、適正な量の施用によって水稻の肥培管理が可能と考えられる。そこで、水稻収量に対する肥料効果を2カ年の圃

場試験によって検討した¹⁰⁾。その結果、焼酎廃液濃縮液を施用した区では水稻の初期生育抑制が認められたが、8月中旬以降窒素吸収量が多くなり、生育の回復傾向が認められた。水稻収量は焼酎廃液濃縮液の施用量の増加によって向上し、200～800L/10aの範囲では、800L/10aの施用で最も高い収量となり、化成肥料で窒素を8kg/10a施用した場合と同等となった(表-3)。また、基肥として400L/10a、中間追肥及び穂肥期に200L/10aずつ追肥施用した場合に、基肥として800L/10aを一括施用した区よりも収量が高く、化成肥料を分施した場合と同等の収量が得られた。これらのことから、水稻収量に対する焼酎廃液濃縮液の施用効果は、100L/10a=1kg/10aの窒素施肥に相当すると考えられた。なお、玄米窒素含有率は化成肥料施用区よりも若干高めとなったものの、「ヒノヒカリ」の基準値1.3%を越えず、精粒歩合等にも有意差はなかったことから、品質に与える影響はほとんど無いものと推察された。

以上のことから、水稻栽培において焼酎廃液濃縮液の有機質肥料としての利用が可能である。

しかしながら、雑草防除効果をも期待した活用においては、前述のように雑草発生前～発生期の施用が必要であり、より早期の施用が望まれるため、水稻への初期生育抑制回避との両立が課題となろう。

4. おわりに

現在、各地で有機農業が推進されている。しかしながら、どうしても雑草防除が問題との声が多く聞かれる。有機水稻栽培における雑草防除技術としては、米ヌカなどの有機物施用や深水管理、多数回の代かきや除草機による機械的防除、アイガモなどの生物的防除など様々な防除手段が実践されているが、それぞれに一長一短があり、いずれも単独では十分な効果が得られないというのが衆目の一致する所であろう。

これまで見てきたように、焼酎廃液濃縮液は水田条件で用いた場合、施用条件によっては非常に高い雑草抑制効果を発揮する。しかしながら、水稻に対する影響や除草効果の持続期間、必要とされる施用量などを考えた場合、現状では除草剤に代替し得る資材とは言い難いのも事実

表-3 移植水稻の収量等へ及ぼす影響

施 用 量	穂 数 (本/㎡)	籾/わら 比	玄 米 重 (kg/10a)	玄 米 窒 素 含有率(%)	窒素吸収量 (kg/10a)
焼酎廃液濃縮液					
200 L/10a	296	0.88	369	1.17	6.7
400 L/10a	266	0.90	380	1.20	7.2
800 L/10a	326	0.95	417	1.23	8.5
400+200+200 L/10a	332	0.94	452	1.28	9.7
化成肥料(窒素成分量)					
4 kg/10a	295	0.78	378	1.15	6.9
8 kg/10a	317	0.83	433	1.16	7.9
4+2+2 kg/10a	350	0.82	457	1.20	9.2

2006年6月22日、「ヒノヒカリ」稚苗機械移植。

焼酎廃液濃縮液及び化成肥料(16:16:16)は、全量元肥施用または分割施用(基肥+中間追肥+穂肥)。焼酎廃液濃縮液の基肥施用は移植5日後に行った。

である。ならば、どう使うべきか？その答えの一つが有機水稻栽培ではないかと思うのである。複数の防除手段を用い、それぞれの欠点を補完するような技術の組み立てが要求される有機水稻栽培においては、焼酎廃液濃縮液の欠点は、それほど大きな問題とはならないと期待している。

焼酎廃液濃縮液を用いた水稻の安定生産のためには、肥料成分の有効化に関する変動要因の解明や、雑草防除効果と水稻の生育抑制回避を両立させる施用法の確立、水田における省力的な散布技術の開発などが必要であり、まだまだ乗り越えなければならないハードルも多いが、地域資源の利用促進と有機水稻栽培における技術改善には避けて通れない道のりでもある。今後の展開が待ち遠しい限りである。

5. 参考文献

- 1) 小林透・安達克樹・鈴木崇之 (2007) サツマイモ焼酎粕濃縮液の施用が雑草の発生に及ぼす影響. 九州沖縄農研報告 48, 49～57.
- 2) 中嶋祐二・金森伸彦・松森信 (2008) 水稻における焼酎粕肥料の利用. 第71回九州農業研究発表会専門部会発表要旨集, 6.
- 3) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (2008) 農林水産バイオリサイクル研究－農水産エコチーム－. 研究成果 464, 46～52.
- 4) 大段秀記・住吉正・小荒井晃 (2004) 雑草防除を目的とした水田条件へのサツマイモを原料とした焼酎廃液の処理時期および処理量の検討. 九州の雑草 34, 15～19.
- 5) 奥野成倫・吉元誠 (2002) レタス種子発芽に及ぼすカンショ焼酎廃液抽出物の影響. 九州農業研究 64, 43.
- 6) 奥野成倫・田原秀隆・浮田和貴・森山和之・平井伸博・吉元誠 (2006) サツマイモ焼酎廃液に含まれる植物生長阻害物質カフェ酸エチルの単離と同定. 日本食品科学工学会誌 53, 207～213.
- 7) 住吉正・大段秀記・小荒井晃・保田謙太郎 (2006) 焼酎廃液由来濃縮液が水稻の出芽と初期生育に及ぼす影響. 雑草研究 51(別), 58～59.
- 8) 住吉正・保田謙太郎・大段秀記 (2006) 焼酎廃液由来濃縮液の水稻初期生育に対する肥料代替効果の推定. 第69回九州農業研究発表会専門部会発表要旨集, 27.
- 9) 住吉正・大段秀記・保田謙太郎 (2007) 焼酎廃液由来濃縮液がヒメタヌビエの発生と生育に及ぼす影響. 雑草研究 52(別), 254～255.
- 10) 土屋一成・住吉正・古畑昌巳 (2008) サツマイモ焼酎蒸留粕濃縮液の施用が水稻「ヒノヒカリ」の生育・収量・品質に及ぼす影響. 日作九支報 74, 1～5.
- 11) 上野秀人・鈴木孝康 (2005) 水稻有機栽培における焼酎廃液資材と米ぬかの抑草効果および養分供給特性. 農作業研究 40, 191～198.