

# 焼酎廃液の有効利用に関する研究

梶山 卓弥<sup>1)</sup>・日高 泰基<sup>1)</sup>・平野 大地<sup>1)</sup>・吉徳 謙佑<sup>1)</sup>  
吉田 清司<sup>2)</sup>・羽野 暁<sup>2)</sup>

1) 第一工業大学 学科学生 自然環境工学科  
2) 第一工業大学 指導教官 自然環境工学科

## Study on Effective Utilization of Shochu Waste Fluid

Takuya KABAYAMA<sup>1)</sup>, Taiki HIDAKA<sup>1)</sup>, Daichi HIRANO<sup>1)</sup>, Kensuke YOSHITOKU<sup>1)</sup>  
Seiji YOSHIDA<sup>2)</sup>, Satoshi HANO<sup>2)</sup>

### Abstract

**Keywords:** *shochu waste fluid, cation-based macromolecule flocculant, dehydration, compost*

The water included in shochu waste fluid was dewatered effectively by using cation-based macromolecule flocculant. We tried the dehydration from shochu waste fluid by pressurization dehydration, but only because raising pressure, about the dehydration effect, a good result was not provided. About the composting, shochu waste fluid solid content was biodegraded in a short time. Therefore it seemed that the temperature of the compost became the high temperature early. We mixed compost with soil and sowed a seed of a Japanese radish and the spinach. As a result, a Japanese radish and the spinach grew up greatly in comparison with a case without the compost.

### 1. はじめに

鹿児島県は焼酎の出荷量が全国1位であると同時に、焼酎廃液の排出量も年間20万トンと多く<sup>1)</sup>、これに掛かる処理費用は年間14~16億円と見込まれている。このような状況から、焼酎廃液は安価に処理されることが望まれている。焼酎廃液の処理方法としては、一般に、堆肥化や飼料化が行われ、堆肥は田畑へ施肥され、また、飼料は家畜の餌として有効利用されている。この他、特殊な利用方法としては、コンクリートに焼酎廃液を練り混ぜたコンクリート製の漁礁あるいは化粧液等への応用が挙げられる。

筆者らは、イモ焼酎廃液の有効利用法として、堆肥化に再着目し、堆肥化時に使用する水分調整材の使用量を減らすために、焼酎廃液から出来るだけ水分を除去した焼酎廃液の濃縮固形分を用いて堆肥化を行った。

### 2. 実験方法

#### 2-1 焼酎廃液の物理性状の測定

物理性状として、密度、pH、含水率、粘度、BODおよびCODを測定した。

##### 2-1-1 密度

焼酎廃液 500 mlを正確に秤取り、重量を測定して求めた。

##### 2-1-2 pH

pH計にて直接測定を行った。

##### 2-1-3 含水率

焼酎廃液を105℃で24時間乾燥して、重量変化から求めた。

##### 2-1-4 粘度

粘度はオストワルド粘度計を用いて測定した。

##### 2-1-5 BOD および COD

BODの測定はJIS K0102 21の方法に準じて行い、溶存酸素濃度の測定にはDO計を用いた。CODの測定はJIS K0102 17の方法に従った。

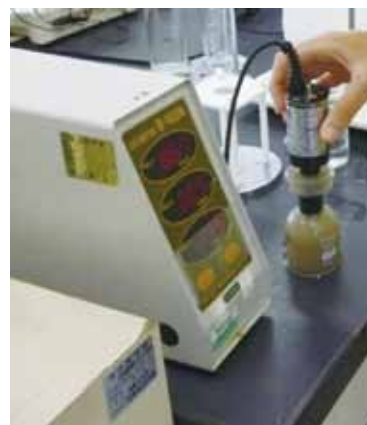


図-1 DO計による溶存酸素の測定

##### 2-2 焼酎廃液の脱水実験

焼酎廃液の90%以上は水分であるため、オガ粉を水分調整材として堆肥化する場合、オガ粉の量が過剰になり、また、オガ粉基材に対する焼酎廃液固形分の取込量が少なくなるので有効な堆肥としての調製が困難となる。したがって、焼酎廃液を堆肥化する場合、できるだけ水分を除去し、固形分濃度を増大させることが求められる。そこで、焼酎廃液を高分子凝集剤によって凝集させ、脱水性の効率を高めることを試みた。凝集剤は有機系排水に効果があるとされるMTアクアポリマー(株)製のカチオン系凝集剤C-508、C-508L、C-508LL、C-508ULの4種類を使用し、焼酎廃液の脱水に効果があるものを選定した。

### 2-2-1 脱水効果のある凝集剤の選定

焼酎廃液 100 g に凝集剤 C-508、C-508L、C-508LL、C-508UL の 0.2%液を添加したものを 10 のポリ容器に入れ、10 秒間往復攪拌し、三角漏斗にろ紙を装填して自然ろ過で 5 分間測定したろ水量を計測した。実験では凝集剤の添加量を 20 ml、30 ml、40 ml、50 ml、60 ml と設定した。また、ろ水量から凝集剤添加溶液量を差し引いたものを「有効脱水量」とした。

### 2-2-2 加圧による脱水性

焼酎廃液を凝集して、加圧脱水すれば、自然脱水に比べて脱水性が上昇するかどうか確かめた。

実験は加圧脱水装置内の圧力を 0.2MPa、0.5MPa、0.8MPa の 3 水準に設定し、測定を以下の方法で行った。

- (1) 500 ml のビーカーに焼酎廃液 300 g 入れ、ガラス棒で攪拌しながら、pH を測定し、消石灰を数回に分けて添加し、焼酎廃液を中和 (pH=7) させる。
- (2) 中和させた焼酎廃液に凝集剤 C-508 を 150ml 添加して 10 の容器に入れ、10 秒間往復攪拌させる。
- (3) 凝集剤 C-508 を添加した焼酎廃液を加圧脱水機に入れ、1 分毎にろ水量を測定し、連続して 45 分間測定する。
- (4) 45 分後の脱水ケーキをトレーに移し、含水率を測定する。

### 2-2-3 焼酎廃液の堆肥化

焼酎廃液の堆肥化には、凝集剤 (C-508) で脱水した濃縮焼酎廃液 8300g、オガ粉 6000g、微生物原 (腐葉土) 500g を混合攪拌させてから堆肥箱に入れ、25 日間かけて堆肥化させた。堆肥化の状況を把握するために温度、pH および含水率を測定した。

#### 2-2-3-1 温度の測定

温度は堆肥箱の表面、表面から 1/4、2/4、3/4、底面の計 5ヶ所の位置に温度計を差し込み、測定した。

#### 2-2-3-2 pH 測定

ビーカーに堆肥 20g を取り、蒸留水 100ml を加え、よく攪拌した後、計測した。

### 2-2-3-3 含水率測定

含水率は堆肥化の初期および最後の 2 回行った。試料は堆肥を上下よく攪拌したものをを用いた。

### 2-2-3-4 微生物による有機物分解量

堆肥化の初期と 25 日目の堆肥の重量と含水率から焼酎廃液の固形分の重さをそれぞれ求め、それを差し引いた値を有機物分解量として計算した。ただし、堆肥化期間中オガ粉と微生物原の腐葉土は分解しないものとして計算した。

### 2-2-4 堆肥化物による植物生育実験

植物の生育実験は焼酎廃液の堆肥が肥料としての効果があるのかどうかを確かめるために行った。堆肥区画と対照区にそれぞれ植物を植えて、成長の変化を見た。区画は実験室前の空きスペースを耕して畑地 (縦 1.2m × 横 2.2m) に見立てた。堆肥区画に堆肥を深さ 15cm、1 m<sup>2</sup> 当たり堆肥 6.4kg を施肥した。それぞれの区画に 2 種類の種 (ホウレンソウ、大根) を蒔き、11 月 8 日～1 月 8 日までの 2 ヶ月間、生育過程を観察した。

## 3. 結果及び考察

### 3-1 焼酎廃液の物理的性状の測定

#### 3-1-1 密度

測定の結果は 1.01g/cm<sup>3</sup> であった。

#### 3-1-2 pH

実験に使用した焼酎廃液は芋焼酎製造後の廃液で、廃液の中にはフェノールやクエン酸などの酸性物質を含むために、pH 測定の結果は 4.3 を示した。

#### 3-1-3 含水率

芋焼酎廃液の一般的な含水率の平均は、95%程度である。今回の芋焼酎廃液の測定結果は 93.5% であった。焼酎廃液は水分を多く含んでいる為、堆肥化時には水分調整材のオガ粉の量をできるだけ少量に抑えるために、脱水して固形分濃度を高めて処理する必要がある。

#### 3-1-4 粘度

焼酎廃液を脱水する場合、粘度が高いと効率良く脱水させることができないものと考えられるので、使用した焼酎廃液の粘度がどの程度なのか測定を行った。焼酎廃液ろ液の粘度測定結果を表-1 に示す。比較のために水及びエチルアルコールの粘度を表-1 に併示した。一方、20°C における水及びエチルアルコールの粘度 (cP) の値はそれぞれ 1.01cP、1.20cP であり、オストワルド粘度 (sec) と cP で表す粘度を図にプロットすると、図-2 に示すような直線関係が得られる。この直線から、焼酎廃液ろ液の粘度 (cP) を求めると、1.04cP であった。このことから、焼酎廃液ろ液はほとんど水と変わらない粘度であることが分かった。

表-1 焼酎廃液、水およびエチルアルコールのオストワルド粘度（温度 20℃、単位 sec）

測定回数	焼酎廃液ろ液	水	エチルアルコール
1	65	62	90
2	65	62	91
3	65	63	89
平均	65	62	90

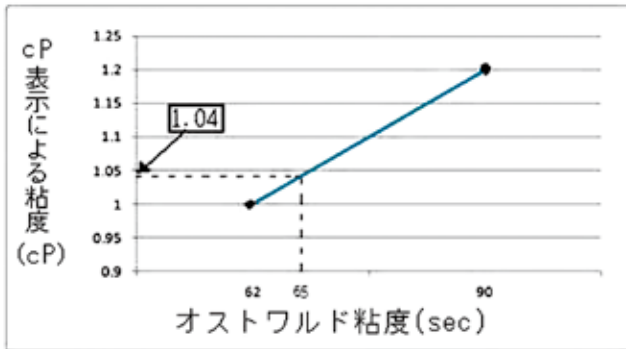


図-2 焼酎廃液の cP 表示粘度とオストワルド粘度 (sec) との関係

3-1-5 BOD・COD

焼酎廃液の有機物量を BOD・COD によって、間接的に測定した。結果を表-2、3 に示した。表-2 は、焼酎廃液の BOD 試験の結果を示したものである。BOD 試験における酸素消費量は初期酸素量の 40~70% の範囲にあることが、望ましいとされているが、今回の試験ではいずれもこの範囲に入る結果は得られなかった。そこで、40%~70% の下限値 40% に近い 34% 及び 32% の値の平均値 20,490ppm を BOD 値として採用した。長崎県衛生公害研究所のデータ<sup>2)</sup>では 22,000~42,000ppm という値が公表されているが、今回の実験では、この値より小さい値となった。

希釈倍率	初期の DO (A)	5 日後の DO (B)	(A-B) / A	BOD (ppm)
×5000	8.13	6.42	21%	8550
×6000	7.66	5.00	34%	15960
×7000	7.78	5.43	30%	16450
×8000	8.20	5.79	29%	19280
×9000	8.50	5.72	32%	25020
×10000	7.88	5.80	25%	20800

表-2 焼酎廃液の BOD 測定

表-3 は、焼酎廃液の COD 試験の結果を示したものである。今回の実験では、COD の測定値にバラつきが有っ

たので、算定値は次の方法に依った。測定値を順番に並べ、中央 2 つの値の平均値、すなわち、17,100 および 20,400 の平均値 18,700ppm を COD の値とした。この値は、長崎県衛生公害研究所のデータ<sup>2)</sup>による 45800~85100 という値からすると、低い数値となった。

また、水質汚濁防止法<sup>2)</sup>によると河川・海への排出基準として BOD・COD とともに 160mg/l 以下であることから、焼酎廃液は水質を悪化させるということが分かる。

表-3 焼酎廃液の COD 測定

希釈倍数	a (ml)	b (ml)	COD (ppm)	判定
5000	1.6	0.6	10000	×
6000	2.3	0.6	20400	○
7000	2.3	0.6	23800	×
8000	2.1	0.6	24000	×
9000	1.55	0.6	17100	○
10000	0.8	0.6	4000	×
BL		0.6		

3-2 焼酎廃液の脱水実験

3-2-1 凝集剤の選定

C-508、C-508L、C-508LL、C-508UL の 4 種類の凝集剤を焼酎廃液に添加した後、5 分間自然ろ過で脱水した結果を図-3 に示した。図から、脱水量が一番多かった凝集剤は C-508 ということが分かる。凝集剤の 4 種類それぞれの分子量が、C-508 は 800 万、C-508L は 350 万、C-508LL は 300 万、C-508UL は 500 万であり、この結果から分子量の大きな C-508 が焼酎廃液の凝集に適しているということがわかった。以後の実験には、「C-508」を使用した。

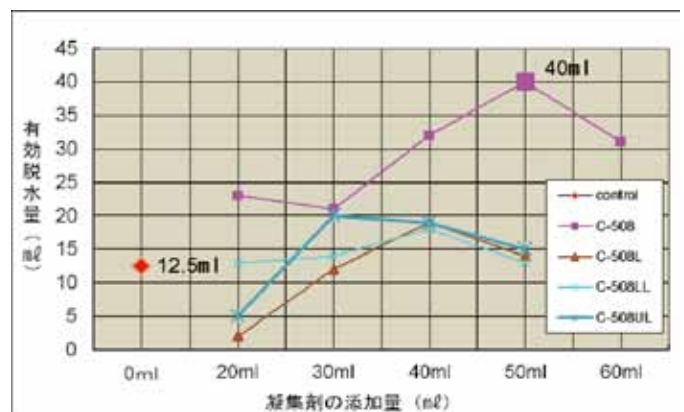


図-3 凝集剤添加量と脱水量との関係

3-2-2 脱水性

凝集剤 C-508 を添加した焼酎廃液を 45 分間加圧脱水したときの脱水量を図-4 に、脱水後のケーキ含水率を図-

5に示した。図-4において、脱水量を焼酎廃液と凝集剤添加量との差とし、正の値を「有効脱水量」として示した。図-4および5から、0.2MPaと0.5MPaと0.8MPaの脱水量が76ml、79mlおよび23ml、含水率が91.19%、92.08%および93.60%という結果が得られた。このことから、圧力を高くしても脱水量が増加するとは限らないということがわかった。原因としては、空気圧により押し込まれた焼酎廃液のフロックが装置内のろ紙に詰まってしまう為、間隙路が塞がれ、排水されず脱水量に影響したと思われる。また、ろ過水量から計算によって求めた0.2MPa、0.5MPaおよび0.8MPa時の含水率は、それぞれ、94.78%、94.74%および95.43%であった。実験値とろ水量計算から求めた含水率を比べると、計算によって求めた値の方が大きかったが、それほど違いのないことがわかった。

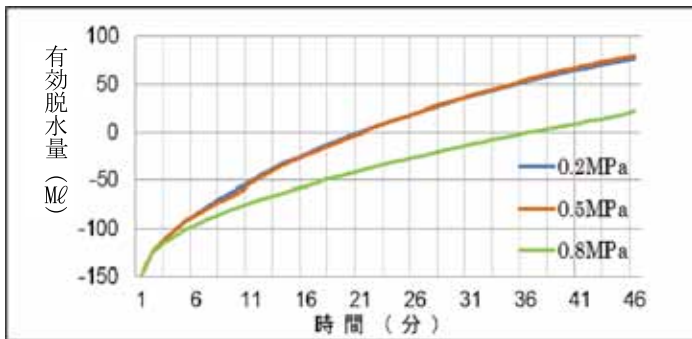


図-4 圧力を変化させたときの凝集剤添加量と脱水量との関係

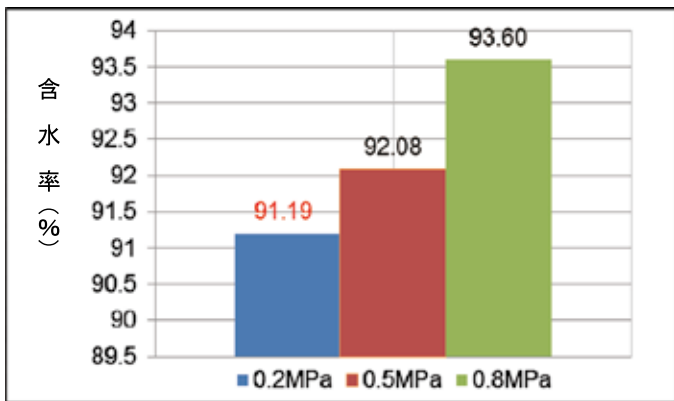


図-5 加圧脱水終了直後の脱水ケーキの含水率

3-3 焼酎廃液の堆肥化

堆肥化を行っている間、堆肥箱内の温度、pH、含水率がどのように変化したのか、また、25日間で微生物が焼酎廃液をどの程度分解したのかを調べた。

3-3-1 温度変化

図-6 は焼酎廃液の堆肥化時の温度変化を示したものである。堆肥開始1日目に温度が47℃まで上昇、その急激に低下した。この変化は、過去に行われた生ごみの堆肥化の研究<sup>4)</sup>の温度変化と酷似している。これは焼酎廃

液の易微生物分解有機固形分と細菌との接触面積が大きく、短時間のうちに有機物分解が起こった結果、酸化熱による急激な温度上昇を引き起したものと考えられる。7日目以降から温度の大きな変化はなく、徐々に低下していった。堆肥箱の温度変化は1日目で一番高くなっていくことから、焼酎廃液の微生物による分解が1日目でピークに達すると予想し、その時の酸素消費量が最も大きくなるのではないかと考え、確認するための実験を行った。実験はBOD測定時に使うフラン瓶に焼酎廃液を7、000倍に薄めたもの5本用意し、フラン瓶の溶存酸素を5日間に渡って測定した。初期酸素濃度値をDO<sub>1</sub>、各日数毎の酸素濃度値をDO<sub>2</sub>として、各日数毎の酸素消費量(DO<sub>1</sub>-DO<sub>2</sub>)を求めた。その結果を図-7に示した。

実験では、消費される酸素量も1日目が一番多いと思われたが、実際は4日目、5日目が多い結果となり、堆肥時の1日目の急激な温度上昇を支持するデータとしての酸素消費量の検出までには至らなかった。図の中に、予想された酸素消費量を点線で示した。

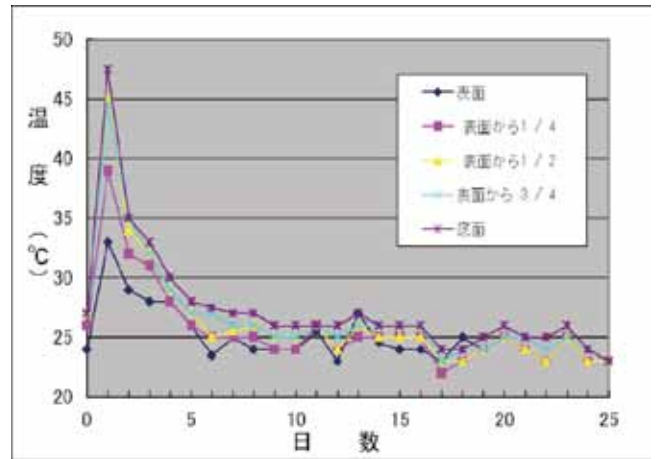


図-6 堆肥日数と温度との関係

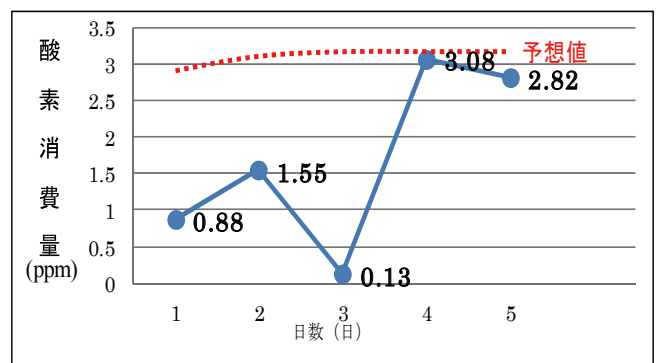


図-7 培養日数と酸素消費量との関係

3-3-2 pH

図-8にpHの変化を示した。1日後の値がpH=6.6から8まで上昇、その後はpH=8~9を示し、最終25日には

pH=8.5 であった。焼酎廃液は事前に pH を中性に調節したはずなのに 0 日目は pH=6.6 とやや酸性に変化していた。これは、一緒に加えたオガ粉が杉で作られており、杉には酸性のタンニンやフェノールが含まれているので、堆肥を作った際に pH の値が下がってしまったと考えられる。その後、焼酎廃液に含まれるアミノ酸および有機物等が微生物によって分解されアンモニアの生成によって、堆肥がアルカリ性に変化したものと思われた。なお、生成したアンモニアは微生物によって亜硝酸、硝酸に変化するため、pH は徐々に低下するものと思われる。図中、グラフの途切れている箇所は pH 計の故障のため、測定ができなかったところである。

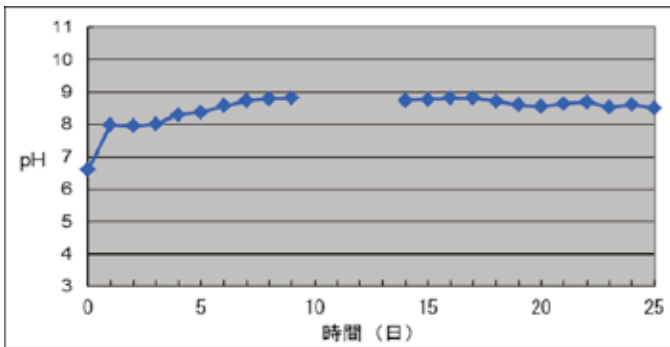


図-8 堆肥日数と pH との関係

### 3-3-3 含水率

初期の含水率は 72.28%であったが、25 日目には 67.62%と低下した。初期の状態は軽く力を入れただけで、手に水分が付く程度だったが、実験終了時には、堆肥の表面は白っぽく乾燥し、スコップで中を掘り返してみると黒く湿っていた。

### 3-3-4 微生物による有機物分解量

初期のオガ粉、焼酎廃液、微生物原のそれぞれの含水率および 25 日目の含水率から、それぞれの固形分・水分量を求めた結果を表-4 に示した。堆肥に含まれるオガ粉、微生物原は分解を受けず、変化しないものと仮定した。

表-4 堆肥の初期重量と 25 日後の重量

	オガ粉	焼酎廃液	微生物原	0 日目	25 日目
重量 (g)	6000	8300	500	14800	11520
含水率 (%)	49.2	90.7	43.27	72.28	67.6
固形分 (g)	3050.4	768.5	283.6	4102.6	3730.1
水分 (g)	2949.6	7531.4	216.3	10697.3	7789.8

表-4 より、初期の焼酎廃液の固形分量は 768.5g であり、25 日目の焼酎廃液の固形分量は全体の固形分量 (3730.1g) からオガ粉の固形分量 (3050.4g) および微生物原の固形分量 (283.6g) を差し引いた量で、396.1g であった。したがって、25 日間に焼酎廃液固形分が分解された量=768.5-396.1=372.4g となる。

以上の結果から、25 日間で焼酎廃液固形分が微生物によって分解された割合は  $(372.4/768.5) \times 100 = 48.45\%$  となった。

### 3-4 植物の生育実験

焼酎廃液堆肥が実際に堆肥として効果があるかどうかを確かめるために、図-9 に示す堆肥区画に堆肥を混ぜ、対照区には何も加えずに種を蒔き、観察した。

図-9 は播種 2 ヶ月後のホウレンソウと大根の生育状態を示したものである。堆肥区画の大根およびホウレンソウはいずれも対照区に比べ、成長が見られるのに対し、対照区ではほとんど成長が見られない結果となった。対照区の大根から本葉が生えたのは 35 日目で、その後は大きな成長もなく、2 ヶ月が経過しても成長は伸び悩み生育が見られなかった。一方、堆肥区画の大根から本葉が生えたのは、21 日目であった。これにより焼酎廃液で作った堆肥は、明らかに肥料としての効果のあることが分かった。

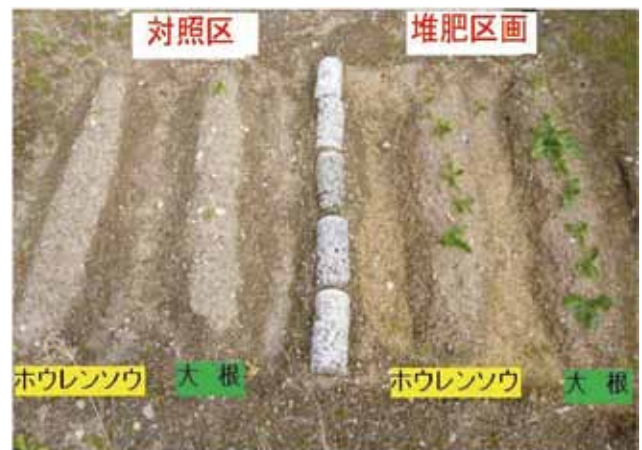


図-9 播種 2 ヶ月後の大根およびほうれん草の生育状況

## 5. おわりに

本研究では、焼酎廃液の有効利用法として堆肥化をテーマに研究を行った。研究するにあたって、焼酎廃液に関する文献調査や焼酎製造現場を見学し、焼酎廃液についての知見を深めた。堆肥化にあたって、堆肥基材と堆肥含水率の調製が重要と考え、焼酎廃液からの水分除去方法に時間を費やした。焼酎廃液からの水分除去法としては、カチオン系の高分子凝集剤を使用することによって、効果的に脱水することができた。脱水に関して、加圧脱水法によって、脱水を試みたが、加圧圧力を大きくしても脱水効果は上がらないことがわかった。堆肥化については、焼酎廃液固形分と微生物との接触が良好なため、固形分が短時間のうちに微生物によって、酸化分解され、これに伴って温度の上昇が見られた。25 日間の堆肥化試料を堆肥として、大根およびホウレンソウに施肥した結果、対照区に比べて成長が良好で、肥料としての効果が確かめられた。

実験に関しては、室内の温度変化、実験時の個人誤差

等があり、実験値にバラつきがでて、安定した結果が得られなかった。これを解消するために、何回か同じ実験を繰り返すことで、正確な結果を得ることができた。

本研究を通して、1つの結果に至るまでには、何回もの実験を行い時間と根気が必要であることが少しは理解できた。その中で、焼酎廃液の様々な有効利用法や堆肥化としての効果を知ることができた。

#### 参考文献

- 1) 新村孝善、松永一彦、西 和枝、木田建次：焼酎蒸留粕の処理に関する研究、鹿児島工業技術センター研究報告、1998
- 2) 長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン：未利用資源堆肥化解説書 ー焼酎粕編ー 長崎県衛生公害研究所 平成14年3月発行
- 3) 水質汚濁防止法：第三条第一項
- 4) 吉田清司：赤松の生ごみ処理基材への有効利用に関する研究、第一工業大学研究報告 pp. 35～40, 第23号 (2011)