

〔生物工学会誌 第73巻 第5号 365-372. 1995〕

放線菌による穀類焼酎蒸留廃液の迅速堆肥化[†]田中 米實^{1*}・村田 晃¹・林田 晋策²佐賀大学科学技術共同開発センター,¹九州大学農学部農芸化学科²¹〒840 佐賀市本庄町1²〒812 福岡市東区箱崎町6-10-1

(平成6年11月28日受付 平成7年6月1日受理)

Accelerated Composting of Cereal *Shochu*-Distillery Wastes by ActinomycetesYONEMI TANAKA,^{1*} AKIRA MURATA,¹ and SHINSAKU HAYASHIDA² (Joint Research and Development Center, Saga University, Honjo-cho, Saga 840¹ and Department of Agricultural Chemistry, Kyushu University, Higashi-ku, Fukuoka 812²) Seibutsu-kogaku 73: 365-372, 1995.

Streptomyces sp. No. 101, *Thermoactinomyces* sp. No. 64 and *Micromonospora* sp. No. 604 were selected as excellent strains which characteristically decomposed residual yeast cells and indigestible rice protein bodies (IRPB) in cereal *shochu*-distillery wastes, and also deodorized volatile fatty acids without sterilization. The optimal initial conditions for composting were determined to be 5~9 × 10⁴ ppm BOD, 38~55% moisture, 30~65°C material temperature, 25~50 cm thickness of composting materials, and pH 8. For semi-continuous composting of wastes, 100 kg seed cultures of selected Actinomycetes strains containing cow feces as a composting accelerator was mixed with 40 l of cereal *shochu*-distillery wastes and composted at 30~65°C for 3 d, which constituted 1 cycle. The process was repeated for 5 cycles to produce compost. The compost obtained contained total-N 3.2%, CaO 9.3%, P₂O₅ 5.4% and K₂O 3.5%.

[Key words: liquor wastes, *shochu* wastes, Actinomycetes, waste treatment]

焼酎蒸留廃液は、泥状で多量の浮遊物質(SS)と生物化学的酸素要求量(BOD)値に富み、速やかに腐敗し悪臭を発生する。その適当な処理方法がないため、やむなく現在は海洋投棄などによって処理されている。しかし、近い将来、ロンドンダンピング条約の適用が見込まれており、その有効な処理法の開発が期待されている。

さきに著者らは人ふんの脱臭堆肥化について研究を行った。そして人ふん中にはタンパク質顆粒が6 × 10⁸ g⁻¹存在することを見いだした。^{1,2)}次いでこれは米タンパク質顆粒の難消化性分画に由来することを明らかにし、さらに、この臭気のあるFPPを強力に分解するとともに人ふんを脱臭できる放線菌株を選抜した。³⁻⁵⁾

本報では、水分85~95%の焼酎蒸留廃液の迅速堆肥化を目的として、米焼酎蒸留廃液懸濁物質の組成を検討して用いた。廃液中には酵母菌体とともに、さきのFPPと類似の難消化性タンパク質顆粒(Indigestive Rice Protein Bodies: IRPB)が多量に残存し、これが廃液のBODを高めていることを見いだした。さらに、これが悪臭を長期間にわたって発生させて、処理を困難にする要因であることを明らかにした。

次いで、この顆粒および酵母細胞の分解能を有する微生物株を検索し、数株の放線菌株を選抜し、放線菌の至適生育条件を明らかにした。そして、この菌株を用いて堆肥化の野外試験を実施し、処理物の一部を種菌としてフィードバックする穀類焼酎蒸留廃液の半連続堆肥化法を開発した。

[†] 焼酎蒸留廃液の迅速堆肥化法(第1報)。Promotive composting of *shochu*-distillery wastes (I).

* 連絡先, Corresponding author.

実験方法

廃液試料 米焼酎の減圧蒸留廃液は六調子酒造俣

球磨工場から、また、麦焼酎減圧蒸留廃液は福徳長酒造株式会社米工場からそれぞれ採取してこれらを試料に供した。一方、甘藷を主原料とした常圧蒸留廃液およびそばを主原料とした減圧蒸留廃液は、ともに雲海酒造株式会社から採取した。

酵母菌体および RPB 分解菌株の分離選出 酵母菌体分解能のすぐれた菌株の選出には生の圧搾パン酵母（鐘淵化学工業）2%，ペプトン0.2%， Na_2HPO_4 0.15%， KH_2PO_4 0.1%および寒天2%の組成の分離用培地（pH 7.5）を120°C、20分間滅菌して用いた。そして土壌およびコンポストを分離源として、試料10gを滅菌生理食塩水200mlに懸濁し、ホモゲナイザー（日本精機）で2000rpm、5分間処理後、随意希釈した懸濁液を分離培地に接種した。これを中温菌は30°Cで、高温菌は50°Cで4日間おのおの平板培養を行った。そしてコロニー周辺の酵母細胞が分解して生じたハロー0.5mm以上の直径を測定した。このようにして酵母細胞の分解能が高い菌株を一次選出した。次いで、同培地から寒天を除いた液体培地20mlを100ml容三角フラスコに分注して120°C、20分間滅菌後、各分離株を接種した。そして、30°Cおよび50°Cで3日間振とう（110rpm）培養後、酵母菌体の分解能を660nmの吸光度で測定して、優良株を二次選出した。一方、米タンパク質顆粒（RPB）分解菌の選抜には国際稲研究所のインディカ米、IR480-5-9から、既報⁶⁾に従って蒸煮白米を細菌性 α -アミラーゼ（ナガセ生化学工業）でデンプンを除去して調製した。この顆粒の乾物1.5%を、上記の培地の圧搾パン酵母に代えて添加した培地を用いて、上述の方法でこの顆粒分解菌を選出した。

化学分析 堆肥および廃液のBODは、試料10gを滅菌生理食塩水200mlに懸濁し、その一定量希釈液を常法に従ってふ卵びんにて20°C、5日間培養し、溶存酸素をウィンクラー法⁷⁾に従って分析して算出した。また、揮発酸は水蒸気蒸留法⁸⁾で、粗脂肪はソックスレー法および全糖はソモギー法⁹⁾で分析した。また、リンはバナドモリブデン酸法⁹⁾で、CaOおよび K_2O はStandard Methods¹⁰⁾によってそれぞれ測定した。

低級脂肪酸の測定 試料5gを含む懸濁水50mlを、ろ過（No. 2, Advantec製）し、そのろ液を4°Cで遠心分離（9,000×g, 10分間）した。この上澄み液1μlを試料とし、液層Kocl 3000T（ヤナコ分析工業製）バックドカラム3mm×2m, キャリアーガス N_2 ,

FID 検知器を装備したガスクロマトグラフ（日立製 S-430 型）に供した。

廃液中の酵母菌体および米タンパク質顆粒分解物の電子顕微鏡観察 焼酎蒸留廃液を60メッシュでろ過後、遠心分離（2,700×g, 5分間）し、その沈殿物の20倍量純水を加えて、再度同条件で遠心分離した。この操作をさらに2回繰り返して調製した粗タンパク質顆粒を、乾物として1.5%を含む培地を調製した。この培地に *Streptomyces* sp. No. 101 を接種後30°C、5日間110rpm振盪培養後遠心分離（2,700×g, 5分間）を行った。この沈殿物をトブタノール処理後、日立 SE-2030 フリーズドライヤーで乾燥し日立 E-101 イオンスプッターにて金・パラジウム合金でコーティング¹¹⁾後、走査型電子顕微鏡（日立 S-2460N）で観察した。

放線菌生菌数の測定 堆肥製造中の放線菌数測定には、ペプトン1.5%，酵母エキス0.5%， Na_2HPO_4 0.15%， KH_2PO_4 0.1%， $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.1%，寒天2%，pH 7.2 の組成を持つ培地を調製した。これに堆肥10gを滅菌水200mlに懸濁した液をホモゲナイザー（日本精機）で2000rpm、5分間処理後、随意希釈した懸濁液を被検液として加え中温放線菌は30°Cで、高温放線菌は50°Cでおのおの4日間培養後コロニー数を算出した。

米焼酎蒸留廃液中の難分解性米タンパク質顆粒の精製 上述の粗タンパク質顆粒の2%懸濁液20mlを30～0%シロ糖密度勾配液30mlの上部に加え、2,700×g、5分間遠心分離後30%シロ糖層の浮遊液を採取し、脱イオン水で洗浄後、凍結乾燥してIRPB精製顆粒とした。

実験結果

焼酎蒸留廃液の化学組成 各種焼酎廃液の組成をTable 1に示す。いずれの廃液のpHも5以下で、放線菌の増殖に必要なpH7以上にするには中和が必要で、またBOD値はいずれも高く、最低の甘藷廃液でも 3.2×10^4 ppmに達した。廃液の悪臭性低級脂肪酸をガスクロマトグラフで測定した結果をFig. 1に示した。その結果、焼酎蒸留廃液は各低級脂肪酸濃度に高値を示し、Table 1に示した揮発酸量と同傾向を示した。

焼酎蒸留廃液における酵母菌体および難消化性米タンパク質顆粒の存在 廃液中の固形物をトーマ血球計で計数した結果、各廃液中に $1 \times 10^8 \sim 6 \times 10^8$ /mlの

Table 1. Chemical composition of *shochu*-distillery wastes.

Raw material of <i>shochu</i> wastes	Moisture (%)	Total-N (%)	Volatile acids (%)	P ₂ O ₅ (%)	pH	BOD (×10 ⁴ ppm)
Rice	90.5	0.62	0.26	0.19	4.10	6.6
Barley	86.3	0.91	0.28	0.23	3.59	8.6
Sweet potato	95.1	0.29	0.56	0.10	4.37	3.1
Buck wheat	89.7	0.64	0.17	0.27	4.32	6.8

酵母細胞が存在した。さらに、米焼酎蒸留廃液には1.0~3.5 μm の球形またはダ円形のタンパク質顆粒が $5 \times 10^8 \sim 1 \times 10^9/\text{ml}$ 観察された。この顆粒は米焼酎廃液にのみに見いだされるので、その顆粒の起原を明らかにするため、上述の難分解性米タンパク質顆粒の精製法に従って分別し、その凍結乾燥物の組成を分析した。その結果、アミノ態窒素11.0%、粗脂肪14.5%、灰分3.68%で FPP の分析値⁴⁾と一致した。また、電子顕微鏡観察の結果 (Fig. 2), 形態においても一致した。したがって、この米焼酎蒸留廃液中の1.0~3.5 μm の顆粒は焼酎原料米の RPB に由来する難消化性米タンパク質顆粒 (IRPB) と認めた。

酵母菌体および難消化性米タンパク質分解菌の検索
上記の実験結果から、廃液中の酵母菌体および IRPB を特異的に分解できる微生物を検索するため、酵母菌体および RPB を含む培地をそれぞれ調製し、これら

を分解できる微生物を検索した。その結果、培養温度30°C では46株、50°C では19株が分離された。その中の有用菌株を Bergey の分類法¹²⁾に従って分類し、その結果を Table 2 に示した。すなわち *Streptomyces* sp. No. 101, *Thermoactinomyces* sp. No. 64 および *Micromonospora* sp. No. 604 は顕著な IRPB 分解能を示した。一方、*Streptomyces* sp. No. 101 株を米および麦焼酎蒸留廃液から調製した酵母細胞や IRPB を含む液体培地に接種し30°C で5日間110 rpm で振とう培養を行った。その培養物を走査型電子顕微鏡で観察した結果 (Fig. 2), 両培地からいずれも酵母菌体および IRPB は完全に消失した。また、蒸煮米から調製した RPB を懸濁した培地に選抜放線菌株を接種し、30°C および50°C での5日間110 rpm で振とう培養中の RPB 数の経時変化を測定した結果 (Fig. 3), RPB は3日後には99%以上分解し、NH₃-N は増加した。

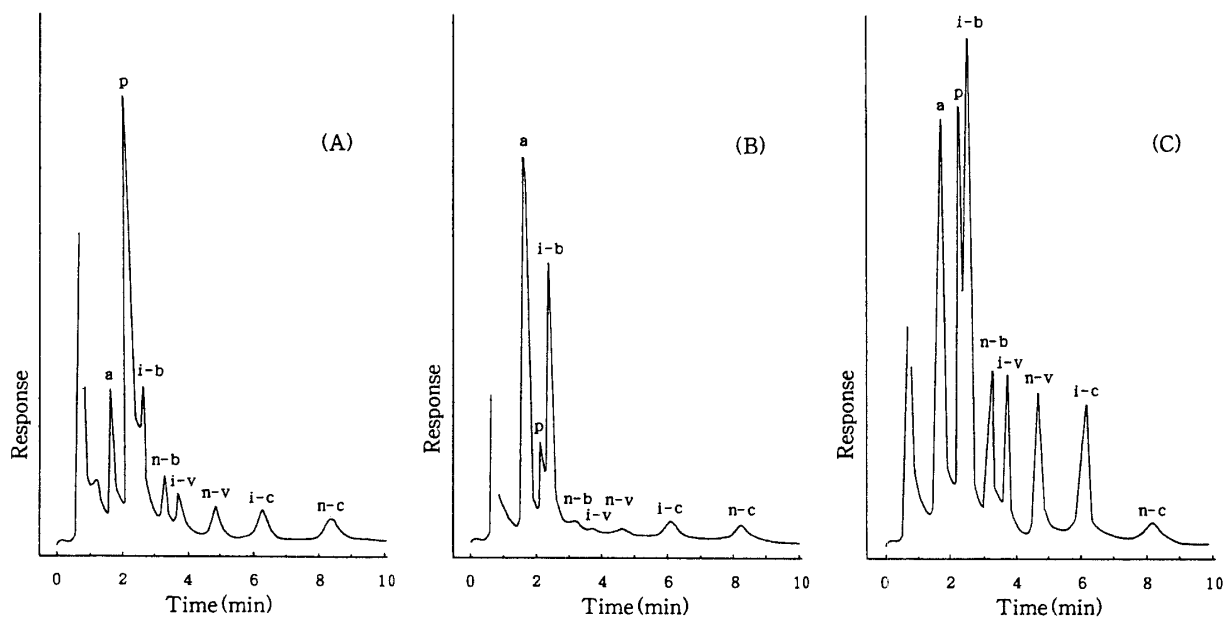


Fig. 1. Gas chromatograms of fatty acids in *shochu*-distillery wastes. The wastes were processed from rice (A), barley (B) and sweet potato (C) as raw materials, respectively. Symbols: a, acetic acid; p, propionic acid; i-b, iso-butyric acid; n-b, n-butyric acid; i-v, iso-valeric acid. These symbols are also used in Fig. 8.

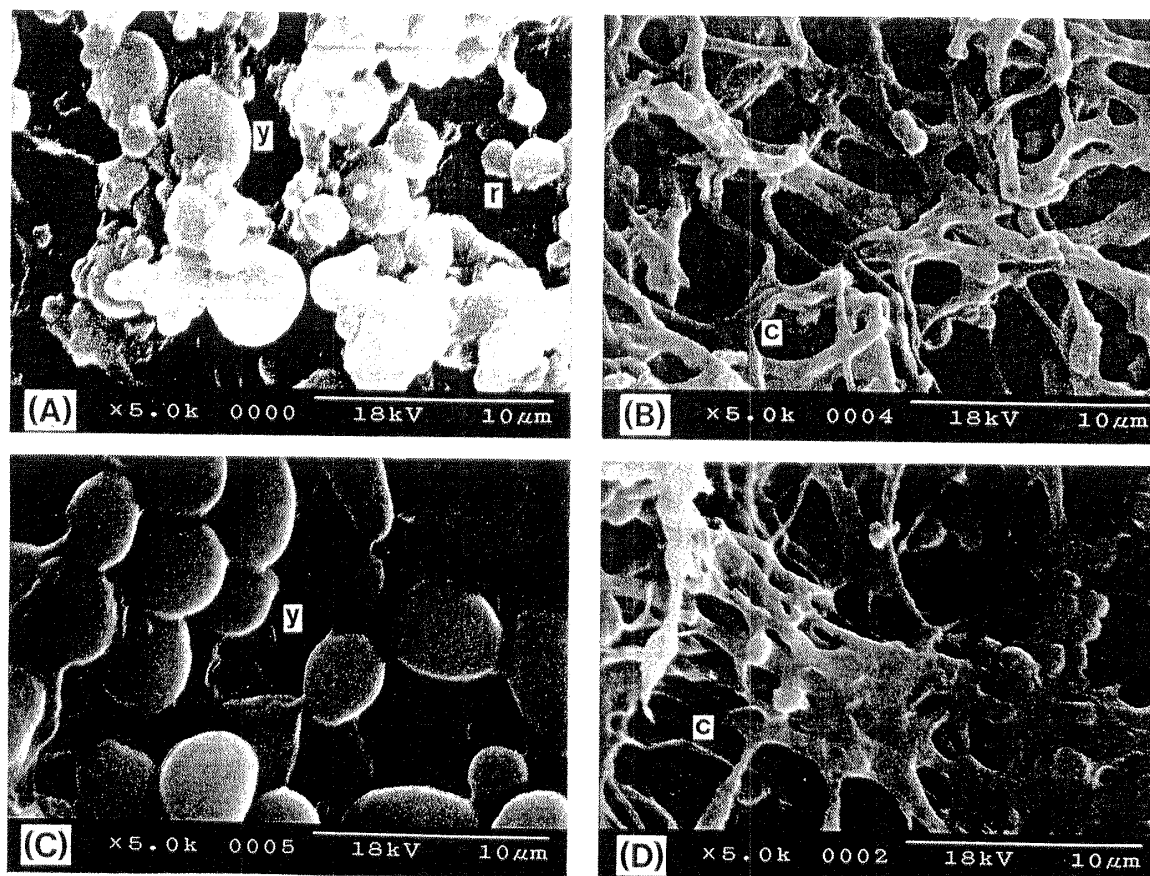


Fig. 2. Electron micrographs of suspended solids in *shochu*-distillery wastes during treatment with *Streptomyces* No. 101. (A) Before treatment of crude protein particles with *Streptomyces* No. 101 using rice as the raw material. (B) After treatment of crude protein particles at 30°C for 5 d by shaking culture (110 rpm) with *Streptomyces* No. 101. (C) Before treatment of crude protein particles with *Streptomyces* No. 101 using barley as the raw material. (D) After the same treatment as in (B). Symbols: y, yeast cells; r, IRPB; c, growing cells of *Streptomyces* No. 101.

堆肥化促進材の選抜 焼酎蒸留廃液は、Table 1 に示すとおり、水分86~96%，BOD $3.2 \times 10^4 \sim 8.6 \times 10^4$ ppm と高く、pH は3.6~4.4という低い値を示した。この高含水量、低 pH の廃液に放線菌を優勢に増殖させて堆肥化するため、pH を中和し、高い吸水率を有する堆肥化促進材の選抜を試みた。まず *Strepto-*

myces No. 101, *Thermoactinomyces* No. 64 および *Micromonospora* No. 604 の各菌株を牛ふん培地（乾燥牛ふん 100 g, 油粕 50 g, 消石灰 3 g および水道水 120 ml を混合し、120°C 30分間滅菌）にて、30°C および 50°C でそれぞれ 5 日間培養して混合した種菌培養 600 g を調製した。次いで穀類焼酎蒸留廃液 10 kg と等重量の

Table 2. Characteristics of Actinomycetes for composting of *shochu*-distillery wastes.

Selected strain	Source	Spore color	Cultivation temperature (°C)	Yeast cells		Rice protein bodies	
				Lytic zone (mm)	Decomposing rate ^a (%)	Lytic zone (mm)	Decomposing rate ^a (%)
<i>Streptomyces</i> No. 101	Compost	Brown	25~40	0.80	96	0.72	94
<i>Thermoactinomyces</i> No. 64	Soil	Yellow	45~63	0.68	88	0.60	92
<i>Micromonospora</i> No. 604	Compost	Blue	45~63	0.70	92	0.62	94

^a Decomposing activities of selected strains were determined by the diameter of the lytic zone and the extinction coefficient at 660 nm.

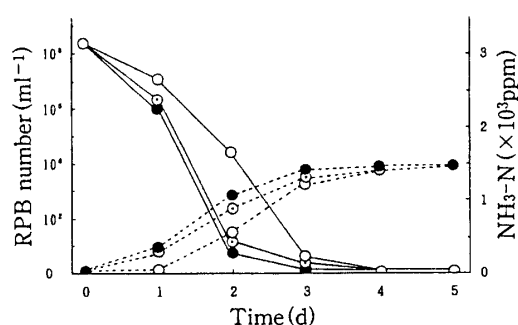


Fig. 3. Changes in RPB numbers and $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration during treatment of cereal *shochu*-distillery wastes containing RPB medium by Actinomycetes. RPB medium contained RPB 1.5%, peptone 0.2%, Na_2HPO_4 0.15% and KH_2PO_4 0.1%; the pH was adjusted to 7.5. Symbols: —, RPB number; ---, $\text{NH}_3\text{-N}$; ○, *Streptomyces* No. 101; ⊙, *Micromonospora* No. 604; ●, *Thermoactinomyces* No. 64.

各種乾燥促進材を混合したものに上記種菌を接種した後 30°C~58°C で5日間培養した。その結果 (Table 3), 促進材の相異により放線菌の増殖と BOD 減少率の間に相関を認めた。一般に、有機物は良好な結果を示したが、無機質および有機酸でもオガクズでは促進効果は低かった。特に、乾燥牛ふんは他の家畜ふんに比して吸水率が高く、しかも通気性に富むため堆肥の乾燥が速やかである。また、入手容易な家畜ふん中では BOD および悪臭性揮発酸量も低く、取り扱いが容易であるなど、堆肥化促進材としての有効性が示され

た。

焼酎蒸留廃液の半連続堆肥化 前述の乾燥牛ふんを堆肥化促進材として廃液に添加混合し、3選出株の種菌を接種した培養物 100 kg (水分38~40%)に、米および麦の焼酎蒸留廃液の等量混合物 40 kg を添加した。この混合物をビニールハウス内に厚さ 20~50 cm に堆積して堆肥化試験を実施した結果、品温は2日後に 58°C に達し、3日後には 52°C まで低下した。また、攪拌均一化した後、試料10点を採取して以下の測定を行った。すなわち、放線菌生菌数は 6.2×10^8 CFU/g から3日後には 3.6×10^9 CFU/g に達し、水分含量は当初52%から38%に減少し、pH 7.4 から8.2に上昇した。しかし、4日以後、品温はさらに低下し、放線菌生菌数も徐々に減少した。以上の予備実験の結果から、放線菌生菌数が最高に達する3日間を主発酵期と考察し、この時期に新たに焼酎廃液 40 kg を混合して水分含量を再度50~52%に調整する半連続方式を採用し、そのフローシートを Fig. 4 に示した。また、品温経過および pH 変化を Fig. 5 に、微生物の生菌数の変化を Fig. 6 に示した。この放線菌数は、堆肥化の品温経過が Fig. 5 に示すとおり、45~63°C で経過するため、高温放線菌が優勢に増殖することが確認された。すなわち、全放線菌数は植種初期の 6×10^8 CFU/g から 4×10^9 CFU/g に達し、そのうち植種した青色胞子の *Micromonospora* No. 604 株のコロニーは全体の70~80%を占め、黄色胞子の *Thermoactinomyces*

Table 3. Selection of promotive material for accelerated composting of *shochu*-distillery wastes.

Promotive materials	Total-N ^a (%)	Volatile acids ^a (ppm)	BOD ^a ($\times 10^3$ ppm)	Absorption ratio of water ^b (g/g)	Growth ^c ($\times 10^8$ /g)	Decreasing ratio in BOD ^c (%)
Bora	0	0	0	0.86	3.2	8.1
Bentnite	0	0	0	1.20	4.0	12.8
Cow feces	1.44	320	54.6	3.26	36.6	55.2
Hen feces	7.30	1,260	161.0	2.65	37.2	61.4
Pig feces	3.52	1,080	142.0	2.81	36.4	57.0
Sawdust	0.15	45	1.8	3.80	9.1	25.7
Wheat bran	2.47	trace	183.0	2.33	35.6	52.1
Rapeseed	5.66	trace	242.0	2.01	45.5	68.0
Okara	3.85	82	221.0	3.32	38.0	56.0
Sludge	2.63	780	62.0	1.30	30.4	41.2

^a Contents are expressed as dry matter.

^b Absorption rate of water = (Wt. after absorption of water) - (Wt. before absorption in water) / Wt. before absorption in water.

^c Cereal *shochu*-distillery waste (10 kg) supplemented with the selected material (10 kg) was inoculated with seed culture (600 g) of the Actinomycetes strains.

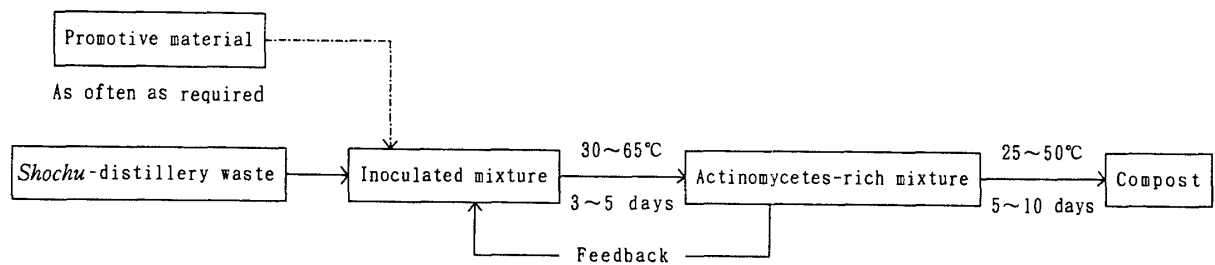


Fig. 4. Flow sheet of semi-continuous composting of cereal *shochu*-distillery wastes by Actinomycetes. In the first step of the process, 80 kg of cereal *shochu*-distillery wastes was mixed with 8 kg of dried cows feces and inoculated with 120 kg mixed seed culture of *Streptomyces* No. 101, *Thermoactinomyces* No. 64 and *Micromonospora* No. 604, which had been previously prepared in the test cultures shown in Table 3. The composting was carried out for five cycles. The promotive material was mixed only in the first cycle.

No. 64 株は15~20%, 茶色胞子の *Streptomyces* No. 101 株は5~10%であった。一方, 対照の堆肥化では, 全放線菌数は 1×10^4 CFU/g に過ぎず, その70~80%は白色胞子の高温菌で占められていた。また, 植種5回連続処理堆肥中の高温放線菌数は, 2×10^{10} CFU/g に達し, 堆肥色は暗青色に変色することが観察された。以上の結果から, 植種堆肥化では *Micromonospora* No. 604 株が優勢に増殖し, 機能しているものと考察された。一方, 初回堆肥化3日後の培養物を検鏡した結果, 酵母菌体は完全に分解されて消失し, その結果, Fig. 7 に示すように BOD は対照に比して30%に減少し, 堆肥化9日後には室温に近くなり, BOD の減少率は92%に達した。なお, 連続処理堆肥の化学的組成は, 全窒素3.2%, CaO 9.3%, P_2O_5 5.4%, K_2O 3.5%, pH 7.7 で, 有機質肥料として有用と考察される。また, 低級脂肪酸をガスクロマトグラフで測定した結果, Fig. 8 に示すとおり, ほとんど検出されず, 悪臭は消失した。

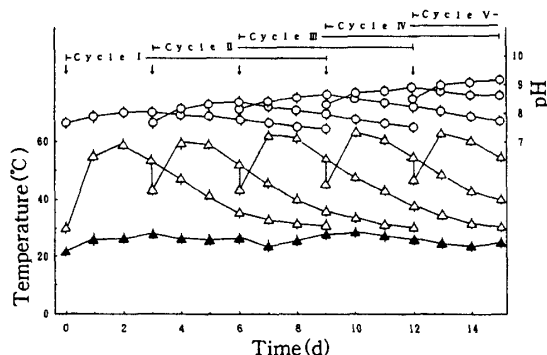


Fig. 5. Changes in temperature and pH during accelerated composting of cereal *shochu*-distillery wastes by Actinomycetes. Symbols: Δ , material temperature; $\blacktriangle$, room temperature; $\bigcirc$, pH; $\downarrow$, beginning of each composting cycle.

考 察

本研究は, 従来处理困難とされてきた焼酎蒸留廃液について, 迅速連続堆肥化法を確立したものである。まず, 各焼酎蒸留廃液を観察した結果, 酵母菌体のほかに, 既報¹⁾で米飯給食人ふんに見いだされた難消化性米タンパク質顆粒 (IRPB) が, 米焼酎蒸留廃液中にも多量に存在することを見いだした。すなわち, 本顆粒を分別して分析した結果, アミノ態窒素11.0%, 粗脂肪14.9%および灰分3.9%を含み, さらに走査型電子顕微鏡観察の結果から, 米飯給食人ふんに含まれる難消化性のタンパク質顆粒 (FPP) と一致することが明らかとなった。この顆粒は, 焼酎麹由来の酵素では,

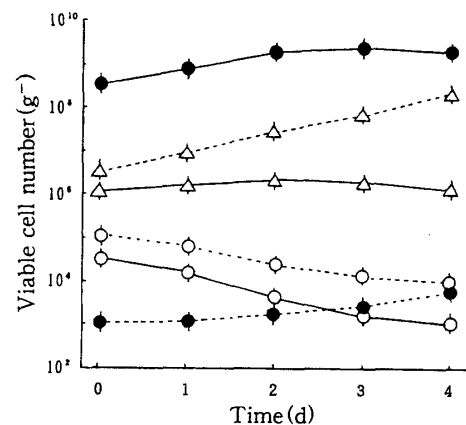


Fig. 6. Changes in viable cell numbers during a cycle of accelerated composting of cereal *shochu*-distillery wastes by Actinomycetes. Only blue- and yellow-spored thermophilic Actinomycetes were detected in the inoculated compost, but thermophilic Actinomycetes with spores of various colors were found in the control compost. Symbols: —, inoculated; ---, control; $\bullet$, thermophilic Actinomycetes; Δ , thermophilic bacteria; $\bigcirc$, *E. coli*.

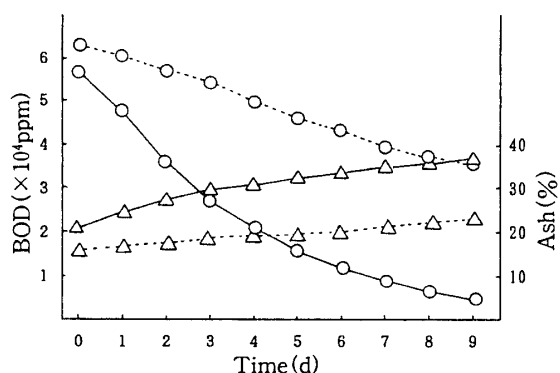


Fig. 7. Changes in BOD and ash during a cycle of accelerated composting of cereal *shochu*-distillery wastes. BOD and ash contents are expressed as dry matter. Symbols: —, incubated; ---, control; ○, BOD; △, ash.

難消化性であるため、廃液中に残存するものと考察される。これは酵母菌体とともに、焼酎蒸留廃液の高 BOD 値に寄与しているものと推察される。それゆえ、この IRPB および酵母菌体を含む培地を調製して、これらの分解菌を検索した結果、放線菌株が分離され、その中からこれら顆粒を 3 日以内に分解できる中温菌の中から *Streptomyces* sp. No. 101 株を、高温菌の中から *Thermoactinomyces* sp. No. 64 および *Micromonospora* sp. No. 604 を選出し、これら混合菌株の性能を活用した堆肥化法を検討した。その結果、焼酎蒸留廃液の水分調製には水分吸収率が高く、廃液の酸性を中和できる pH と緩衝能を保持できること。さらに、焼酎製造工場地帯で大量に入手容易で地域農業に還元できることから、乾燥牛ふんを堆肥化促進材として選定した。本堆肥化法は高濃度放線菌培養物 (6×10^8 CFU/g) 100 kg に廃液 40 l を混合する種菌大量フィードバック方式を採用しているため、品温 30~60°C 3 日間処理で、水分は初期の 52% から 48% まで低下した。また、pH は 7.6 から 8.2 に上昇したので、再び穀類焼酎蒸留廃液 40 l を添加して、半連続焼酎蒸留廃液の処理が可能となった。また、本法植種堆肥製造中の放線菌数は当初 6×10^8 CFU/g から、3 日後には 4×10^9 CFU/g に増加し、青色胞子を有する *Micromonospora* No. 604 株は全菌数の 70~80% を占め、5 回連続処理 3 日後の堆肥は暗青色を呈し、本菌株がもっとも有効に機能していることが示唆された。この連続 5 回処理堆肥の最終回は堆肥化の期間を 9 日とし、その堆肥成分は、全窒素 3.2%, CaO 9.3%, P_2O_5 5.4% および K_2O 3.5% の肥料成分に富み、悪臭の消失した堆肥が調製された。

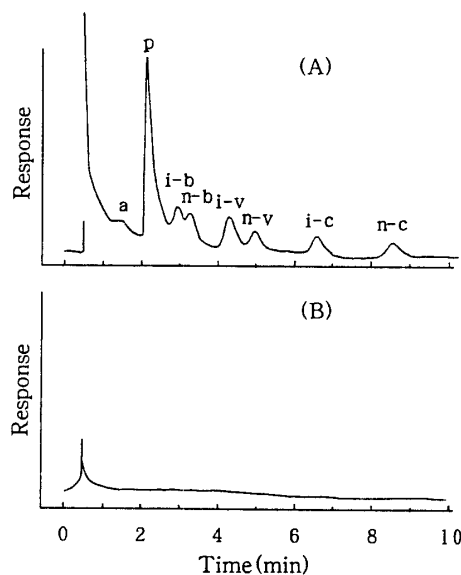


Fig. 8. Gas chromatographs of fatty acids in the final product of composting of cereal *shochu*-distillery wastes. (A) Control. (B) Treatment by selected Actinomycetes.

一方、甘藷常圧蒸留廃液は、穀類減圧蒸留廃液に比して、高含水で IRPB を含まず、低 BOD および低窒素濃度であるので、放線菌利用迅速堆肥化には、堆肥化促進材量の増加、または高 BOD 物質の選択使用により、穀類焼酎廃液の堆肥化と同様の結果が得られている。

要 約

新たに放線菌株を選出して、従来处理困難とされていた穀類焼酎蒸留廃液の堆肥化法を確立した。

1. 酵母菌体および難消化性米タンパク質顆粒の分解能を有し、BOD の減少と悪臭低級脂肪酸の除去に有効な菌株として、*Streptomyces* sp. No. 101, *Micromonospora* sp. No. 604, *Thermoactinomyces* sp. No. 64 を選出した。

2. この 3 菌株混用による穀類焼酎蒸留廃液の処理条件は、堆肥化促進材として pH 7.4~9.5 の乾燥牛ふん堆肥を使用して水分 38~55%, pH 7.2~9.2 に調製し、放線菌生菌数 $5 \times 10^8 \sim 4 \times 10^9$ g⁻¹, BOD 5~9 $\times 10^4$ ppm および品温 30~65°C であった。

3. 半連続堆肥化を試み、3 日目の堆肥化物種菌と重量比にして 40% の穀類焼酎蒸留廃液を混合して、5 回連続処理した結果、全窒素 3.2%, CaO 9.3%, P_2O_5 5.4% および K_2O 3.5% の堆肥が得られた。

本研究の一部は、平成6年度日本農芸化学会大会（東京）で発表した。本研究遂行にあたり、焼酎廃液を提供下さいました福德長酒造㈱、雲海酒造㈱および六調子酒造㈱に衷心より感謝いたします。

文 献

- 1) 田中米實, 林田晋策, 本江元吉: 農化, **49**, 69-74 (1975).
- 2) Tanaka, Y., Hayashida, S., Hongo, M.: *Agric. Biol. Chem.*, **39**, 151-518 (1975).
- 3) Tanaka, Y., Hayashida, S.: *VIth International Fermentation Symposium* (Canada). Abstracts p. 113 (1980).
- 4) 田中米實, 林田晋策, 本江元吉: 農化, **49**, 425-429 (1975).
- 5) 田中米實, 田中稔篤, 南里信也, 林田晋策: 醸酵工学, **56**, 788-793 (1978).
- 6) Tanaka, Y., Resurreccion, A. P., Juriano, B. O., Bectel, D. B.: *Agric. Biol. Chem.*, **42**, 2015-2023 (1978).
- 7) 日本薬学会編: 衛生試験法注解, p. 301-324, 金原出版, 東京 (1990).
- 8) 東京大学農芸化学教室編: 実験農芸化学別巻, p. 143, 朝倉書店, 東京 (1961).
- 9) Michael, I. T.: *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, 13th ed., p. 527-530, American Public Health Association, New York (1971).
- 10) Michael, I. T.: *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, 13th ed., p. 212-284, American Public Health Association, New York (1971).
- 11) 田中敬一編: 医学・生物学領域の走査型電子顕微鏡技術, p. 131, 講談社 (1992).
- 12) Buchaman, R. E. and Gibbons, N. E.: *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 8th ed., p. 747, Williams and Wilkins Co., Baltimore (1974).