醸造副生物の利用法の研究開発と 有機農業の実証

味噌・醤油製造工場からの廃棄物は大部分が有機廃棄物であるが、地域によっては、それらの処理に苦慮している工場が多い。理想的には、環境汚染を防ぎつつ工場内において処理するクローズドシステム法を確立させるのがよい。しかも、単に処理するのみにとどまらず、それらを有効利用に向けるべきものと考えられる。小規模ながら完全クローズドシステムの確立に取り組んでいる工場の経過を解説して頂いた。

松 浦 昇

1. はじめに

ふる里の美しい自然は、「物あふれ」「消費美徳」の世相により、環境破壊が徐々に深まり、将来我々人間の生存すらおびやかされることを危惧する状態にある。

これに対し、当社は安全食品の醤油・味噌を生産する企業であり、工場で生ずる廃棄物の再利用を図り、環境保全に努める責務がある。

他方、醤油、味噌の原料（大豆、小麦）の農業現場では、専作による規模拡大のために地力低下と連作障害が生じ、この対策に農業と化学肥料の多投となり、農薬汚染と土壌の劣悪化が深行している。

このような見地から、食品工場廃棄物を農産物生産の地力作りや肥料等の有用な有機質資源に活用し、地域の環境保全と安全農産物の生産に役立てるための開発と有機栽培（無農薬、無化学肥料）の実証に取り組んだ。

醤油粕堆肥、活性汚泥の肥効試験と醤油粕燻炭培地実用化試験より得られた二、三の知見及び有機栽培の実証計画と生育状況を簡単に紹介し、醸造研究家各位の批判をいただければ幸甚である。

2. 研究開発

醤油粕や大豆の煮汁はそのまま投棄すると特有の悪臭を発生したり、河川、海水の汚濁の原因となるが、醤油粕は5～6カ月間堆積して堆肥化し、農園の柑橘と野菜の地力作りに、活性汚泥は肥料がわりに施用している。しかし、第1表に示したように、醤油粕は肥料成分の窒素が3.5%と高いのに比し、リン酸、加里が極めて低い含有率であり、特に約5%の塩分を含んでいること、

活性汚泥は塩分を含まず、窒素6%、リン酸3%と含有率が高いが、加里の含有量が極めて低く、熟成程度が明らかでなく、肥料としての施用方法を解決しなければならなかった。

初年度として醤油粕堆肥と活性汚泥の肥効特性を知るため、単独施用と混合施用及び施用量について検討した。さらに除塩を容易にするため炭化処理した醤油粕燻炭と園芸用培地に適するか否かについて栽培試験を行った。

1) 試験方法

各肥効試験の施用設計と栽培様式は熊本県の耕種基準に準じ、醤油粕堆肥と活性汚泥の施用量は第1表の肥料成分（含有率）を用い、対照区の有機質入り（油粕）化成(8,8,8)とN成分量に合わせ、不足するリン酸、加里は過リン酸石灰、硫酸加里で補った。

〔試験1〕 活性汚泥の肥効確認

供試野菜と作期、結球ハクサイ：播種9月14日、定植10月2日、収穫12月中旬～2月上旬、レタス：播種9月24日、定植10月20日、収穫2月中・下旬、ホウレンソウ：播種10月2日、収穫1月上～下旬、三池タカナ：播種9月24日、定植10月10日、収穫2

第1表 醤油、味噌醸造副生物の肥料成分

(乾物中%)

種 類	T. N.	P ₂ O ₅	K ₂ O
醤油 粕	3.5	0.3	0.1
活性 汚 泥	6	3	1.5
醤油粕} 混合*	5	2	1
活性汚泥}			

* 混合割合、粕：汚泥=1：2

Development for Utilization of By-products from Miso and Soysauce Factory as Practical Organic Manure
Noboru MATSUURA (Matsui Foods Co. Ltd.)

第1図 味噌、醤油製造工場における資源の有効利用と環境保全

月中旬。

試験区 ①対照区（有機質入り化成肥料），②活性汚泥区

区制 2区制

〔試験2〕 醤油粕堆肥の肥効確認

供試野菜と作期 三池タカナ：播種9月24日，定植

10月18日，2月中旬収穫，レタス：播種9月24日，定植10月23日，収穫2月下旬。

試験区 ①対照区（有機質入り化成肥料），②醬油粕堆肥区（追肥は活性汚泥）

区制 2区制

〔試験3〕 醬油粕・活性汚泥混合（1：2）の肥効確認
供試野菜と作型 結球ハクサイ：播種9月24日，定植10月12日，収穫2月上旬。三池タカナ：播種9月24日，定植10月24日，収穫2月中旬。阿蘇タカナ：播種10月23日，収穫3月中旬。

試験区 ①対照区（有機質入り化成肥料），②醬油粕堆肥・活性汚泥混合区。

区制 2区制

〔試験4〕 醬油粕堆肥の施用量の確認

醬油粕は塩分を含むので多量に施用すると野菜は生育障害を起こすため，適正な施用量を検討する。

供試野菜と作型 三池タカナ：播種9月24日，定植2月中旬。

試験区 ①対照区（バーク堆肥 2t/10a+元肥・有機質入り化成肥料），②醬油粕堆肥中量区（粕堆肥 500kg/10a+バーク堆肥 1.5t/10a+元肥・活性汚泥）。③醬油粕堆肥多量区（粕堆肥 750kg/10a+バーク堆肥 1.25t/10a+元肥・活性汚泥）。④醬油粕堆肥 300kg/10a+バーク堆肥 1.75t/10a+元肥・活性汚泥）

区制 1区制

〔試験5〕 醬油粕の炭化処理と燐炭の有効利用についての開発

醬油粕を炭化処理し，この粕燐炭を園芸用培地に適応するかについて検討する。

供験器具 電気炉（炭化処理用），家庭用 ブランター
供試野菜と作型 レタス：11月2日播種，11月20日定植，収穫2月中旬。

試験区 ①対照区（土：園芸床土=2：1）。②チップ燐炭培地区（土：堆肥：チップ燐炭=5：1：2）。③醬油粕燐炭培地区（土：堆肥：醬油粕燐炭=5：1：2）。④醬油粕燐炭（少量）培地区（土：堆肥：醬油粕燐炭=5：1.5：1.5）。

区制 2区制 1区家庭用ブランター2鉢

栽培概要 施肥量 ブランター当たり化成肥料（8，8）50g，全量元肥。ポット育苗を本葉2枚で定植。

2) 結果及び考察

（1） 醬油粕堆肥と活性汚泥の肥効

各試験の野菜は，播種または定植後から晴天が続いたため乾燥により生育が著しく遅れたが，12月にはいり温暖と適当な降雨により草勢を持ちなおし，順調に経過している。

第2表 野菜に対する活性汚泥の肥料効果試験（生育調査）

結球ハクサイ		’89年12月14日 10株平均		
区名	葉長 (cm)	外葉数 (枚)	全量 (g)	結球重
対照(化成)	41.4	13.9	3,060	2,016
活性汚泥	生育遅延により1月下旬収穫調査予定			

（注） 9月14日播種，ペーパーポット育苗，10月2日定植，品種：錦秋

レタス		’89年11月16日 10株平均		
区名	葉長 (cm)	葉数 (枚)	重 (g)	さ
対照(化成)	15.5	8.8	20.9	
活性汚泥	11.4	7.9	10	

（注） 9月24日播種，ペーパーポット育苗，10月20日定植，品種：菊川7号

ハウレンソウ		’90年1月8日 10株平均		
区名	葉長 (cm)	葉数 (枚)	重 (g)	さ
対照(化成)	28.5	13	36	
活性汚泥	23	12	25	

（注） 10月2日播種，品種：アトラス

タカナ		’90年1月5日 10株平均		
区名	葉長 (cm)	葉数 (枚)	重 (g)	さ
対照(化成)	44.5	6.7	380	
活性汚泥	36.6	6.3	190	

（注） 9月24日播種，10月23日，品種：三池タカナ
各野菜ともバーク堆肥 2t/10a 施用

写真1 活性汚泥の肥効テスト

左：活性汚泥区，右：対照区

第2表，写真1に，試験1の活性汚泥単独の肥効を確認する生育調査成績を示した。各野菜とも活性汚泥区は対照の有機質入り（菜種粕）化成肥料に比較して，葉色がうすく，葉長，葉重ともに著しく劣り，15～20日程度の生育が遅れた。この結果，野菜に対して活性汚泥単独の施肥効果は遅効性型であり，速効性を付与する開発が必要になる。

第3表，写真2に，試験2の醬油粕堆肥単独の肥効を検討している生育調査成績を示した。これによると醬油

写真2 活性汚泥と醬油粕の肥効テスト（ハウレンソウ）

左：醬油粕堆肥区，中：活性汚泥区，右：対照区

第3表 野菜に対する醬油粕の肥料効果試験
（生育調査成績）

レタス '89年11月16日 10株平均			
区名	葉 (cm) 長	葉 (枚) 数	重 (g) さ
対照 (化成)	17.3	9.1	30
醬油粕堆肥	16.2	9.0	26

(注) 9月24日播種，10月23日定植，品種：菊池7号
両区ともパーク堆肥 2t/10a 施用

タカナ '90年1月5日 10株平均			
区名	葉 (cm) 長	葉 (枚) 数	重 (g) さ
対照 (化成)	41.6	7.8	210
醬油粕堆肥	39.5	6.4	187

(注) 9月24日播種，10月18日定植，品種：三池タカナ
両区ともパーク堆肥 2t/10a 施用

写真3 堆肥・汚泥混合の肥効テスト

上：ハクサイ，左：有機農法，右：対照
下：タカナ，右：有機農法，左：対照

粕堆肥区は対照区（有機質入り化成肥料）にやや劣っているものの、大きな差ではなく、活性汚泥の肥効より優れているように思われる。これは長期間の堆積と切り返

第4表 醬油粕堆肥・活性汚泥混合物の肥料効果試験
（生育調査成績）

結球ハクサイ '89年11月2日 10株平均			
区名	葉 (cm) 長	葉 (枚) 数	重 (g) さ
けいふん堆肥 } 有機質化成 }	26.3	9.4	66.7
醬油粕堆肥 } 活性汚泥 }	24.7	9.5	71.3

(注) 9月24日播種，ペーパーポット育苗，10月12日定植，品種：錦秋

タカナ '89年12月14日 10株平均			
区名	葉 (cm) 長	葉 (枚) 数	重 (g) さ
対照 (化成)	47.4	6.5	445
醬油粕堆肥 } 活性汚泥 }	46.8	6.9	524

(注) 9月24日播種，ペーパーポット育苗，10月20日定植，品種：三池タカナ
有機質入り化成区のパーク堆肥 2t/10a
醬油粕堆肥・活性汚泥区のパーク堆肥 1.5t/10a

阿蘇タカナ '90年1月5日 10株平均			
区名	葉 (cm) 長	葉 (枚) 数	重 (g) さ
対照 (化成)	33.6	6.6	22
醬油粕堆肥 } 活性汚泥 }	33.7	6.6	22.4

(注) 播種10月23日
パーク堆肥＝対照区 2t/10a，粕堆肥・汚泥区 1.5t/10a

しによる堆肥化で，窒素成分の無機化が進んで，やや速効性（中間型）を有しているものと推察される。

さらに，醬油粕堆肥と活性汚泥の混合による肥効試験（試験3）の生育調査成績を第4表，写真3に示したが，混合施用区は対照区（有機質入り化成肥料）と同等か，これ以上の良好な生育を示した。混合物の肥効試験についての内田一生氏（ヤマサ醬油<株>研究所）の報告と同様な傾向が見られ，良好な肥効が得られそうである。

試験4は醬油粕堆肥と活性汚泥との混合施肥の粕堆肥の施用量を検討しているもので，生育調査成績を第5表，

第5表 醬油粕、堆肥の施用量試験生育調査成績

タカナ

'89年11月9日 10株平均

区名	葉長 (cm)	葉数 (枚)	重さ (g)	施用量 kg/10a
対照(化成肥堆)	24.8	5.9	29	バイオヒューマス 堆肥
醬油粕堆肥 多量施用	25.1	6.4	32	0 2,000
醬油粕堆肥 中量施用	24.3	5.6	32	750 1,250
醬油粕堆肥 少量施用	23.3	5.7	28	500 1,500
				300 1,750

播種期9月24日, 定植 10月20日, 品種: 三池タカナ

'89年12月14日 10株平均

区名	葉長 (cm)	葉数 (枚)	重さ (g)
対照(化成堆肥)	47.4	6.5	445
醬油粕堆肥 多量施用	43.7	6.1	345
醬油粕堆肥 中量施用	46.8	6.9	484
醬油粕堆肥 少量施用	44.2	6.4	354

写真4 醬油粕堆肥の施用量テスト

写真4に示した。この結果によると醬油粕堆肥中量(500 kg/10a)は対照区(パーク堆肥+有機質入り化成肥料)より葉重でやや優り、良好な生育が得られた。しかし、多量区はやや生育が悪い。これは塩分濃度の影響と考えられる。

これら一連の肥効試験結果から、活性汚泥は窒素含有率が高いにもかかわらず肥効が劣り、肥料としては未熟な遅効性型に対し、窒素成分の低い醬油粕堆肥の方が、熟成が進んでいることで、やや速効性を有し、慣行施肥法(有機質入り化成肥料)に近い肥効が得られた。さらに、活性汚泥と混合施用により肥効を助長することも確認できた。これは醬油粕堆肥の熟成を促進する分解菌の活動により、未熟な活性汚泥の肥効を顕在化(タンパク質、アミノ態窒素をアンモニア態窒素、硝酸態窒素への移行)したものと考えられ、肥料としての利用の可能性を示唆するものである。

醬油粕堆肥の施用量は、初作の今回の試験では500 kg/10a程度で最も生育が優っているが、これ以上の施用量になると塩分を含む有機質資材であるため生育障害

第6表 醬油粕燐炭の実用化試験の生育調査成績

レタス

'89年12月21日(1株当たり)

区名	葉長 (cm)	葉数 (枚)	重さ (g)
対照(園芸床土)培地	25.4	9.8	82.5
対照(チップ燐炭)培地	24.8	10.6	83
粕燐炭培地	25.4	9.6	87.8
粕燐炭(パーク堆肥)培地	26.5	10.2	98

'90年1月5日(1株当たり)

区名	葉長 (cm)	葉数 (枚)	重さ (g)
対照(園芸床土)培地	70	17.5	265
対照(チップ燐炭)培地	67	16.5	265
粕燐炭培地	68	17.0	290
粕燐炭(パーク堆肥)培地	69	17.3	300

(注) 11月2日播種, 11月20日定植, 品種: 菊川7号
家庭用プランター3株植, 2区制

が考えられ、特に連用圃場ではこの点を考慮して使用しなければならない。

(2) 醬油粕の燐炭化と有効利用についての開発

実験用電気炉を利用して500℃~600℃で焼き、この炭化物を浸漬水洗して塩分のない(浸漬水のEC 0.3 ms/cm²程度 当社の上水は0.2 ms/cm²)粕燐炭ができた。

この粕燐炭を園芸用の培地に使用するため、家庭用プランターの培地に用い、レタスを供試して適否について検討した。第6表に試験5の生育調査成績を示したが、対照区(園芸床土培地)やチップ燐炭培地区より葉長、葉重ともに優り結球開始も2~3日程度早い。また、醬油粕燐炭培地の両区土壌は保水性、通気性も対照区より優っている。

以上の結果から培地としての実用化は可能と考えられる。

3. 有機栽培の実証

工場で副生する醬油粕と活性汚泥による土作りを主体にした有機栽培(無農薬、無化学肥料)による安全な果樹、野菜の生産に取り組み、有機栽培の可能性を検討した。

実証1 みかんの有機栽培の実証圃と地域のみかん生産者モニター設定

当社所有の温州と甘夏の柑橘に対して、醬油粕堆肥と活性汚泥を9月に施用して、慣行法(化成肥料)の対照区を設け、生育、収量、品質、病害発生等を比較して、有機栽培(無農薬等)の可能性を検討した。また、地域農家との連携と協力を得るためみかん生産者2名を選定し、現地での有機栽培を実証中である(写真5)。

写真5 会社所有の温州みかんの有機栽培実証圃

写真6 温州みかんの収穫直後に醤油粕を全面施肥した状態

実証2 野菜の有機栽培の実証圃

秋冬野菜に対して醤油粕堆肥と活性汚泥による地力作りの有機栽培（無農薬、無肥料）の実証圃を設置して、生育、収量、品質、病害発生等について、慣行法（有機質入り化成）を対照に調査を行い、有機栽培の可能性を検討する。

1) 試験方法

供試野菜と作期 結球ハクサイ：播種9月24日、定植10月12日、収穫2月上旬。三池タカナ：播種9月24日、定植10月24日、収穫2月中旬。阿蘇タカナ：播種10月23日、収穫3月中旬

供試肥料と有機質資材、活性汚泥と醤油粕堆肥

対照区に有機質入り化成肥料とパーク堆肥区を設置し栽培管理は熊本県野菜耕種基準に準じたが、有機栽培区は全く防除しなかった。

2) 結果と考察

(1) みかんの有機栽培の実証

社内のみかん園、地域モニター者ともに9月から開始して、醤油粕堆肥と活性汚泥を1回施用したのみで（写真6）、生育調査は4月以降になり、収量、品質調査は10月～12月に実施する予定である。昨年（1989年）12月上旬に品質調査した成績を第7表に示したが、無農薬栽培であるため外観は若干スス病等が発生し、モニター者の慣行栽培のものより劣るが、果の大きさ、食味は良好（無農薬栽培を開始して2年目）であった。しかし、正式に慣行法と対比して評価するには、みかんは永年生植物であるため、後2～3年継続しないと評価できない。

第7表 有機栽培の普通温州みかんの品質調査

'89年12月14日

区 名	1果重 (g)	品 質		
		外 観	Brix	食 味
地域モニター-A	91	上	11.4	良
地域モニター-B	87	上	11.2	良
社内有機栽培	94	中	11.6	良

写真7 秋冬野菜（ハクサイ、タカナ）の有機栽培実証圃

(2) 秋冬野菜の有機栽培の実証圃

現在の生育状態は写真7に示したとおり、各野菜とも順調に経過し、醤油粕堆肥と活性汚泥の混合施用は対照の有機入り化成肥料区と同等かそれ以上の良好な生育が観察される（写真7）。

無農薬栽培であるが、病害虫の発生は栽培初期（11月上旬頃まで）若干あり、アブラムシ、アオムシ、コナガの食害を受けたものの、両タカナは収量、品質に支障を来すほどのものではない。ただし、結球ハクサイは発芽時にコウロギ、結球期（12月）にヤサイゾウムシの食害を受け品質劣悪の株が出るほどであった。

以上の栽培経過から、野菜の種類を選び、病害の発生が少ない適期栽培では、醤油粕堆肥と活性汚泥の混合による地力つくりと肥培管理で、無農薬、無化学肥料の有機栽培は可能であると確信を強めている。

なお、無農薬栽培では慣行農法では問題にならなかった害虫の被害が生ずるが、早期防除を取り入れることで、無農薬栽培では困難とされている野菜にも拡大できるものと考えられる。

4. 今後の課題

1) 醤油粕、活性汚泥は有機栽培の地力作りや肥料の代りとしても、素性が明らかな有用有機物資源であるため、今後も引き続き利活用の開発に力投することになる

と思うが、要点をあげると次のとおりである。

(1) 活性汚泥の肥料効果を促進する処理方法の検討
今回の試験結果(生育調査)から、活性汚泥を元肥に使用することは熟成不十分なため生育が著しく遅れたが、追肥用としては作業が容易なことから、肥料効果が早く出る処理方法の開発が必要である。1つの案として、熟成促進の有効菌を有するわら堆肥と醬油粕堆肥を混入した活性汚泥の活性強化を検討したい。

(2) 醬油粕堆肥の単独の肥料効果は、慣行の有機質入り化成肥料にもう一步という生育状態であったが、施用量試験で堆肥代りの地力作りは欠せない有用資源であることが確められたので、塩分濃度の安全量を考慮しての連用での施用量と他の野菜への実用化について検討する。

(3) 今回の肥料効果の試験で、大きな成果が得られたのは醬油粕堆肥と活性汚泥との混合施用で、有機栽培の地力作りに活用して行く。この場合、連用による塩分濃度の上昇を生じさせない施肥量を確認する必要がある。また、活性汚泥の熟成、混合方法や適用野菜の拡大(果菜)及び普通作物(大豆、稲)について検討する必要がある。

(4) 現在開発中の醬油粕の燻炭化とこれの園芸用培地実用化の試験は続行し、効率的炭化方法の開発、水洗除塩の低コスト化、培地の組成(土や堆肥との混合割合)、適用野菜、花卉の拡大、污水浄化用資材としての活用等の開発検討の必要がある。

醬油粕の炭化法の開発により粕量は3分の1まで減じ、しかも炭化物は腐敗しないのと臭気がなく、屋外貯蔵が可能である。また、貯蔵中に雨水による除塩も可能であり、醬油粕燻炭化は大いに役立つものとする。

2) 無農薬、無化学肥料による有機栽培の実証圃は継続し、みかんに対しては醬油粕堆肥と活性汚泥の混合物による地力作りで今後2~3年以上長期で評価したい。野菜では、同様に熟成を一層強めた混合物の施用で、しかも無農薬栽培が難しい春野菜を選び、また大豆等の畑作物でも取り組む考えである。土壌の物理化学的性質を調査しながら、慣行農法(近代技術)並の収量レベルを目標に適正な技術に組み立てる。なお、この有機栽培技術を農業現場にもつなぎ、地域農業の活性化に連携を密にして、安全農産物の生産拡大に役立てたい。

(松合食品<株>)