

平成24年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「食品廃棄物からの高活性・高安定性厨房廃水処理
用バイオ製剤の効率的生産プロセスの開発の開発」

研究開発成果等報告書概要版

平成25年 3月

委託者 中部経済産業局

委託先 公益財団法人名古屋産業科学研究所

目 次

第1章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	1
1-1-1 研究の目的	1
1-1-2 研究概要	1
1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	4
1-2-1 研究組織（全体）	4
1-2-2 管理体制	4
1-2-3 研究者氏名	5
1-2-4 協力者（アドバイザー）	6
1-3 成果概要	6
1-4 当該プロジェクト連絡窓口	7
第2章 未利用バイオマスの評価	8
2-1 研究目的及び目標	8
2-2 実験内容	8
2-3 研究成果	8
第3章 未利用バイオマスを使用した連続培養の検討	10
3-1 研究目的及び目標	10
3-2 実験内容	11
3-3 研究成果	13
第4章 分離濃縮工程の検討	16
4-1 研究目的及び目標	16
4-2 実験内容	16
4-3 研究成果	17
第5章 乾燥製剤化の検討	19
5-1 研究目的及び目標	19
5-2 実験内容	19
5-3 研究成果	20
第6章 実排水による試作品の評価	22
6-1 研究目的及び目標	22
6-2 実験内容	22
6-3 研究成果	22
第7章 全体総括	24
7-1 成果の総括	24
7-2 工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況	25
7-3 今後の事業化に向けた取り組み	25

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-1-1 研究の目的

外食産業等の厨房排水から油を分離させる阻集器（図1）には、悪臭や害虫の発生、清掃の労苦、産廃コストのアップ等の問題があり、最近開発されたバイオフィームによる阻集器浄化技術が期待されている。本研究では、この浄化システムに用いるバイオ製剤（油を分解する微生物と酵素）を未利用食品廃棄物を原料として高効率・低コストに生産する技術を開発する。さらに発酵生産により得たバルクを分離・濃縮し、高活性で長期保存可能な製剤の開発を目指す。これにより厨房排水処理問題の解決とバイオ製剤の飛躍的な普及が期待できる。



（図1）油分が蓄積した阻集器

1-1-2 研究概要

本研究開発では、低コスト化と高品質化（品質維持）の両面を目指した発酵関連技術の高度化が課題となる。発酵生産（微生物培養）工程においてコストの約半分を占めるのが培地基質（原料）である。したがって、原料コストを削減することが発酵生産の大幅な低コスト化への近道である。バイオ製剤の研究開発対象としている油分解微生物生産の主原料は油で、現行では市販のバージン植物油を使用している。そこで、その代替原料として現在未だ利用用途のないバイオマス（食品廃棄物）を利用する。代替原料の候補としては、米ぬかや揚げ菓子廃棄物などが挙げられる。揚げ菓子廃棄物（図2）は油を含有するためコンポストとしての利用は困難で、塩分を含有するためバイオディーゼルへの転換にも不向きである。このような未利用バイオマスを微生物生産に適用し、有効利



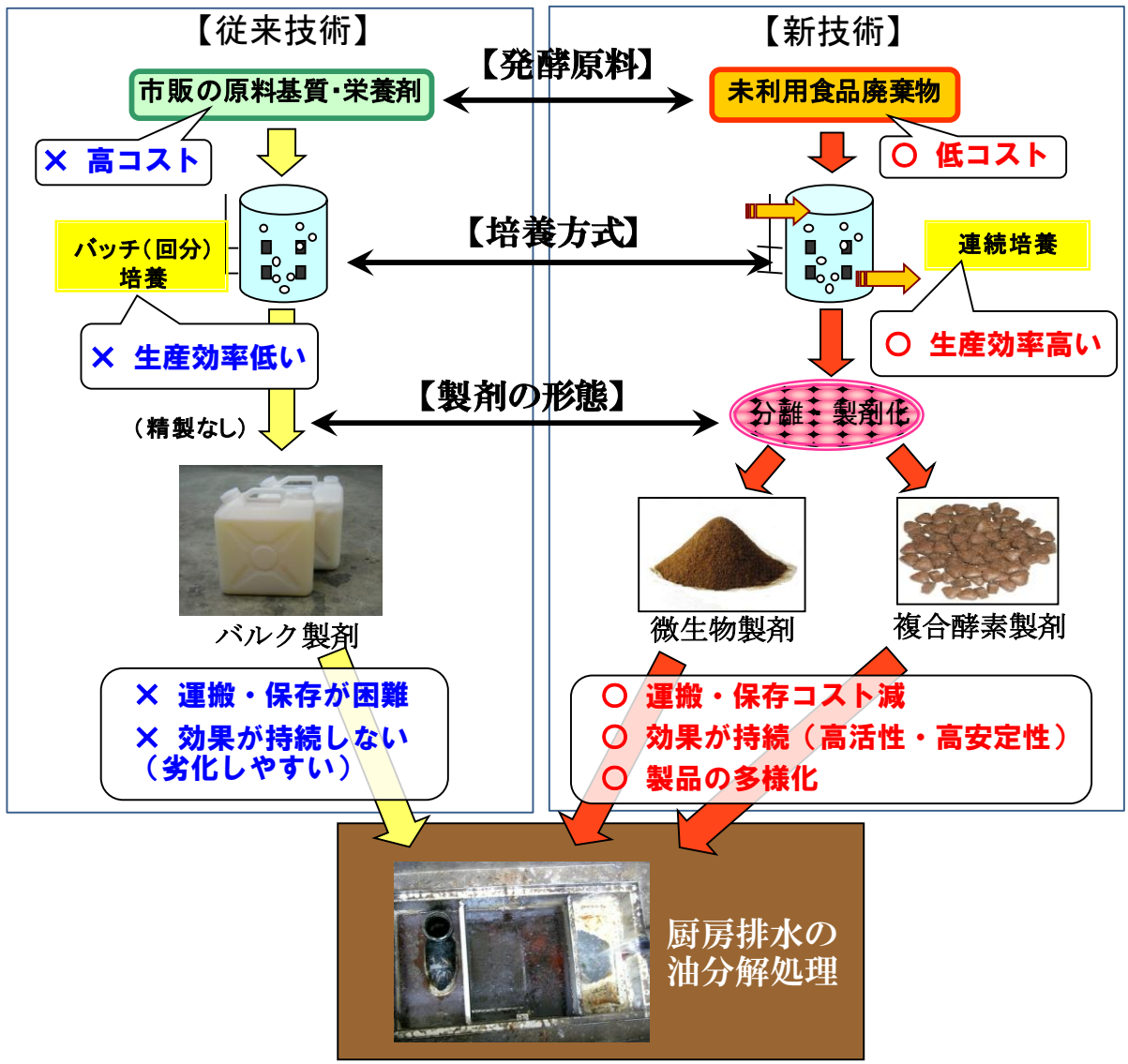
（図2）揚げ菓子の廃棄物

用を図るものである。

また、さらなる低コスト化を図るために、発酵生産の効率化を試みる。現行では1タンク使い切りのバッチ方式で培養しているため、コンスタントに製剤が得られないうえに毎回一から仕込み直さなければならない。実機レベルを想定すると、大容量であるが故に微生物の増殖に時間がかかり、油分が分離して均一な培養が困難になる。そこで、連続式（原料・製品の入れ出し方式）の培養法へ切り替え、生産効率を上げる。しかし連続培養方式では一般的に、長期培養から生じる菌株の突然変異や致命的なコンタミ（汚染）により機能（品質）を喪失してしまうリスクが高まる。したがって、連続培養を可能とするシステム設計・条件検討を行うとともに、安定した品質を確認するための適切な品質管理手法の確立を目指す。

現在、培養により得た発酵バルクをバイオ製剤としているが、発酵バルク中には排水浄化の主役である微生物とその分泌物が雑多に混在した状態で、運搬や保存に影響するため油分解効果が持続せず製品品質が劣化してしまう。したがって、この発酵バルクを分離・濃縮し、乾燥製剤とする生産工程の検討を行う。

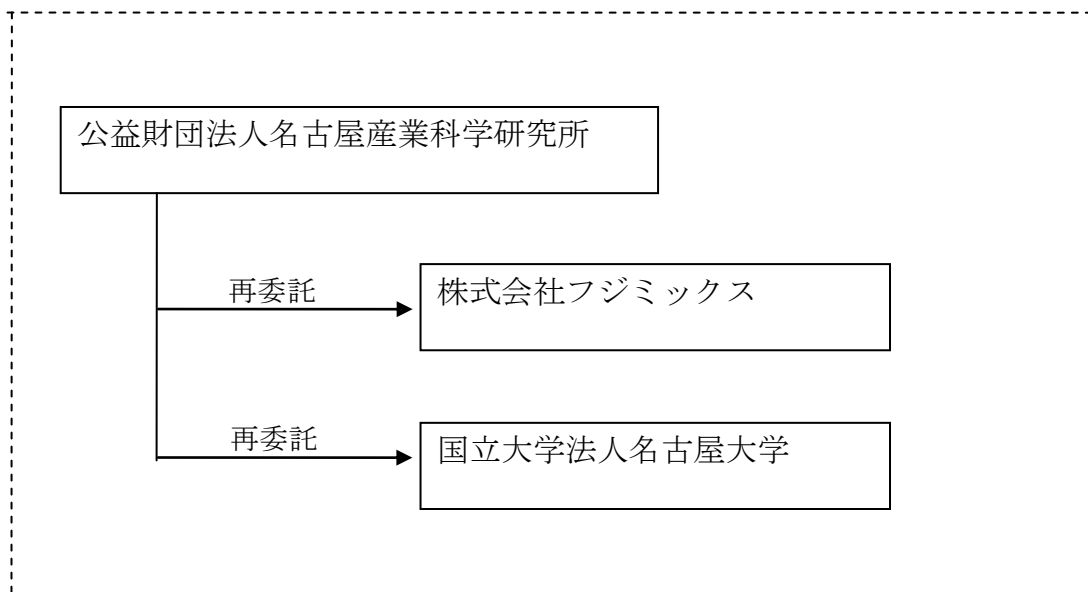
以上のように、本研究開発ではバイオ製剤の一連の生産プロセスを構築し、高活性かつ高安定性を持たせるような製剤化技術の確立を目指すものである。（図3）



(図3) バイオ製剤製造工程の比較

1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

1-2-1 研究組織（全体）



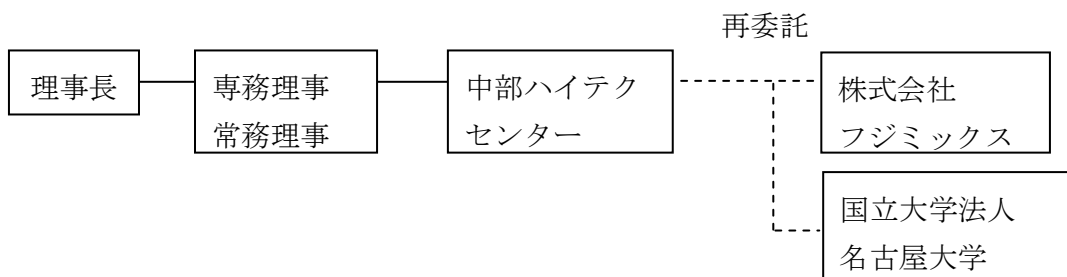
総括研究代表者（P L）
株式会社フジミックス
代表取締役
藤岡 幹正

副総括研究代表者（S L）
国立大学法人名古屋大学
大学院工学研究科・准教授
鈴木 淳臣

1-2-2 管理体制

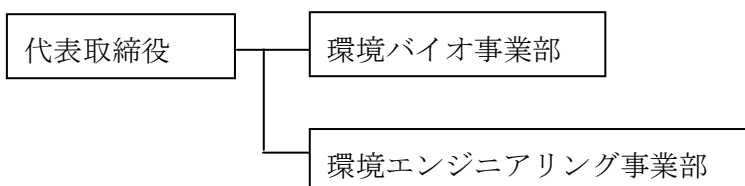
①事業管理機関

公益財団法人名古屋産業科学研究所

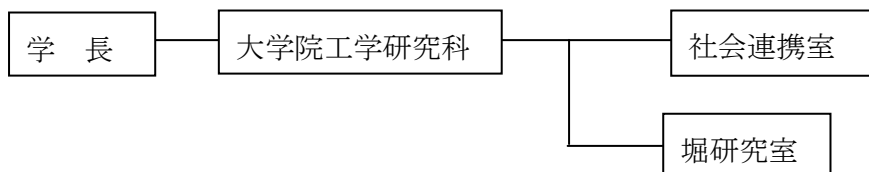


②再委託先

株式会社フジミックス



国立大学法人名古屋大学



1-2-3 研究者氏名

【事業管理機関】 公益財団法人名古屋産業科学研究所
管理員

氏 名	所属・役職
坪内 秀樹	中部ハイテクセンター 事務局長
藤根 道彦	中部ハイテクセンター 産学連携支援部長
浅田 節子	中部ハイテクセンター
森加 なつ美	中部ハイテクセンター
蟹江 祥子	中部ハイテクセンター

【再委託先】

研究員

株式会社フジミックス

氏 名	所属・役職
藤岡 幹正	代表取締役
近藤 敏明	環境バイオ事業部・部長
藤岡 正剛	環境バイオ事業部・研究員
中川 勝統	環境バイオ事業部・専従研究員
李 賢淑	環境バイオ事業部・専従研究員

国立大学法人名古屋大学

氏名	所属・役職
堀 克敏	大学院工学研究科・教授
鈴木 淳臣	大学院工学研究科・准教授

1-2-4 協力者（アドバイザー）

機関名又は氏名	役割（担当）
株式会社下田エコテック	川下製造業者としてのアドバイス
愛知県産業技術研究所 食品工業技術センター	未利用バイオマスに関する情報提供及び 仕入先の紹介
有限会社新庄最上 有機農業者協会	未利用バイオマスに関する情報提供及び 仕入先の紹介
大垣共立銀行	市場調査、事業化支援

1-3 成果概要

（1）発酵原料の低コスト化

食品工場等から出る未利用の食品廃棄物（バイオマス）を入手し、当該微生物に適用できるバイオマスを見出した。

（2）発酵生産方式の効率化

連続培養システムを構築し、発酵工程における生産回収効率を向上させ、長期連続培養を可能とした。

（3）製品形態の検討

発酵工程でできた発酵バルク（液体）から分離濃縮工程と乾燥工程を追加し、活性を維持した乾燥製剤を創出した。

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

【事業管理機関】

公益財団法人名古屋産業科学研究所

中部ハイテクセンター 産学連携支援部長 藤根 道彦

TEL 052-223-6640 FAX 052-211-6224

E-mail: fujine@nisri.jp

【再委託先】

株式会社フジミックス

環境バイオ事業部 藤岡 正剛

TEL 052-355-8148 FAX 052-355-8149

国立大学法人名古屋大学

大学院工学研究科 准教授 鈴木 淳臣

TEL 052-789-3424 FAX 052-789-3103

第2章 未利用バイオマスの評価

2-1 研究目的及び目標

原料の低コスト化を図るために、現行の原料である市販のバージン植物油から代替可能な低価格原料を探索する。代替原料の候補として油分解微生物の発酵生産に利用可能な種々の未利用バイオマス（食品廃棄物）の適合性を培養試験により評価する。米ぬか・豆ぬか・揚げ菓子など候補となるサンプルはアドバイザーである愛知県産業技術研究所食品工業技術センターと新庄最上有機農業者協会から提供を受け、その適合性を評価する。

2-2 実験内容

未利用バイオマス候補の選定基準として「利用用途に困っている」「大量に余剰」「安価に入手可能」という条件を設定し、それを元にアドバイザーから情報提供を受け、サンプルを入手する。未利用バイオマスによる培養試験の評価・分析については、未だ利用用途のない余剰廃棄物で利用価値が高いことに加えて、微生物の生産性・油分解活性がバージン植物油（現行原料）と比較して同水準であることを評価基準とする。微生物の生産性については、寒天プレート上のコロニー形成により当該微生物を計数するか、リアルタイムPCRによる定量分析を評価基準とした。また、油分解活性については、油分解酵素リパーゼの活性を比色試験により解析し、数値化する。

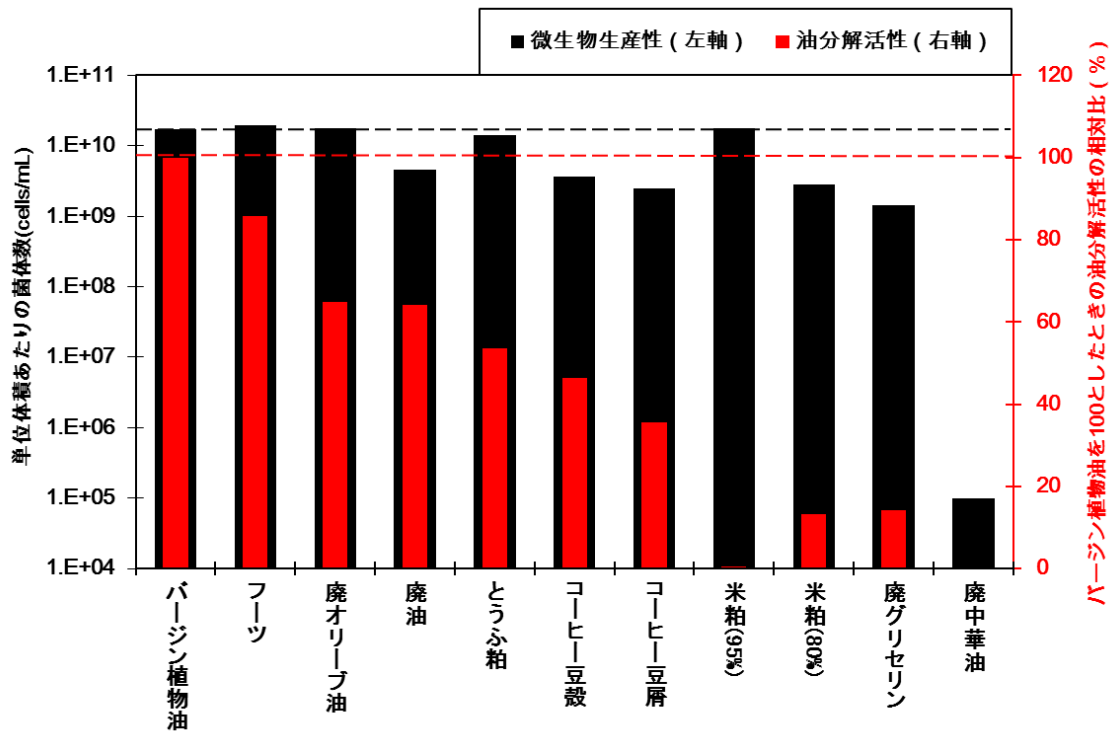
2-3 研究成果

上記の未利用バイオマス候補の選定基準を念頭に置きながら、食品加工工場などから未利用バイオマスの候補サンプルを合計10種類入手した。入手した候補サンプルのリストを表1に示す。各サンプルとも低価格で購入可能であるが、利用用途がなく廃棄処分されているものがほとんどであるため、現状では価格未設定（1円/kg～）としているものが多かった。次に、未利用バイオマス候補を用いて比較試験を実施し、当該微生物の生産性と油分解活性をバージン植物油（現行原料）と比較した。その結果を図4に示す。微生物の生産性は単位体積あたりの菌体数で表し、油分解活性はバージン植物油を100とした場合の相対比で示した。生産性については、廃中華油を除きバージン植物油と同等もしくはそれ以上の値が得られた。油分解活性については現行原料であるバージン植物油が最も高かったが、フーツ・廃オリーブ油・廃油（混合）の3種が同等レベ

ル（相対比で60%以上）の活性を示した。このことから、代替原料として有用な未利用バイオマスはフーツ・廃オリーブ油・廃油（混合）の3種であることが明らかとなった。

(表1)未利用バイオマス候補リスト

NO.	サンプル	由来	価格
1	フーツ（油精製後廃棄物）	食品油製造工場	1円/kg～（未設定）
2	廃オリーブ油	廃油処理工場	13円/kg
3	混合廃油	廃油処理工場	29円/kg
4	とうふ粕（とうふ製造残渣）	食品加工工場	1円/kg～（未設定）
5	コーヒー豆殻（抽出後廃棄物）	飲料工場	1円/kg～（未設定）
6	コーヒー豆屑	飲料工場	1円/kg～（未設定）
7	米粕（95%精米後廃棄物）	酒造所	1円/kg～（未設定）
8	米粕（80%精米後廃棄物）	酒造所	1円/kg～（未設定）
9	廃グリセリン	廃油処理工場	15円/kg
10	廃中華油	中華料理店	1円/kg～（未設定）



(図4)各種未利用バイオマスにおける発酵生産試験の比較

第3章 未利用バイオマスを使用した連続培養の検討

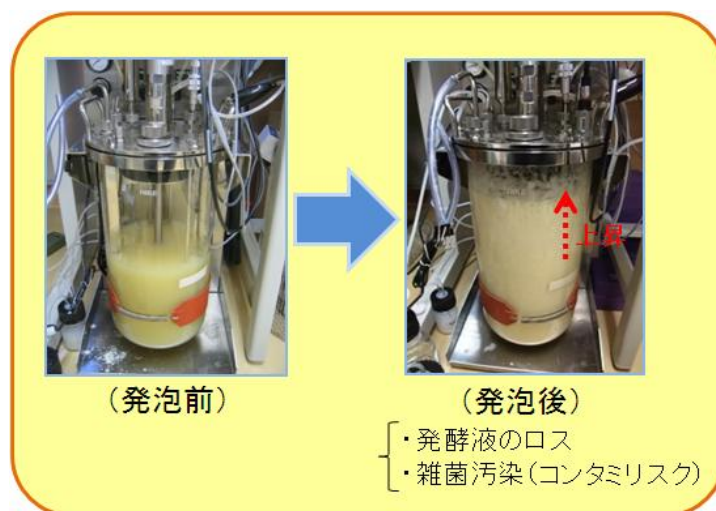
3-1 研究目的及び目標

1) 連続培養システムの構築

第2章の結果を参考に、未利用バイオマスとして“廃オリーブ油”を選定した。次のステップとして発酵生産の効率化を図るために連続培養システムの検討を行う。そのためにバッチ方式の発酵槽を改良し、流加用培地の添加システム、流量調節の範囲、培養監視システムの設定などを考慮し、これをシステムに組み込んだ原料・製品入れ出し方式の「連続培養装置」を設計し、連続培養試験を実施し、実際の運用を想定した条件検討を行う。具体的には、高密度状態の培養液の成分、生菌数を一定濃度に維持しながらも、最大量で回収可能なシステムを検討する。また、長期培養の際に問題となるコンタミ（雑菌汚染）リスクについても評価項目とし、発酵生産の効率化だけではなく、1週間以上の長期連続生産を実現する。

2) 消泡対策

油分解微生物を培養すると、その発酵培養過程において発酵を促進させるために自らバイオサーファクタント^{*1}を分泌し、培養槽内が洗剤のようにきめ細かな泡で充満する。放置するとその泡が培養槽から溢れ出し、製剤の損失と外部からのコンタミリスクが増してしまう（図5）。現行では消泡剤を添加し発泡を抑えているが、薬剤が高価であることと、余分な成分が混入することで製品品質に影響を与える危険性があることが問題視されていた。そこで、高価な消泡剤を必要としない運用を図るため「物理的消泡装置」を連続培養システムに導入することを目標とする。

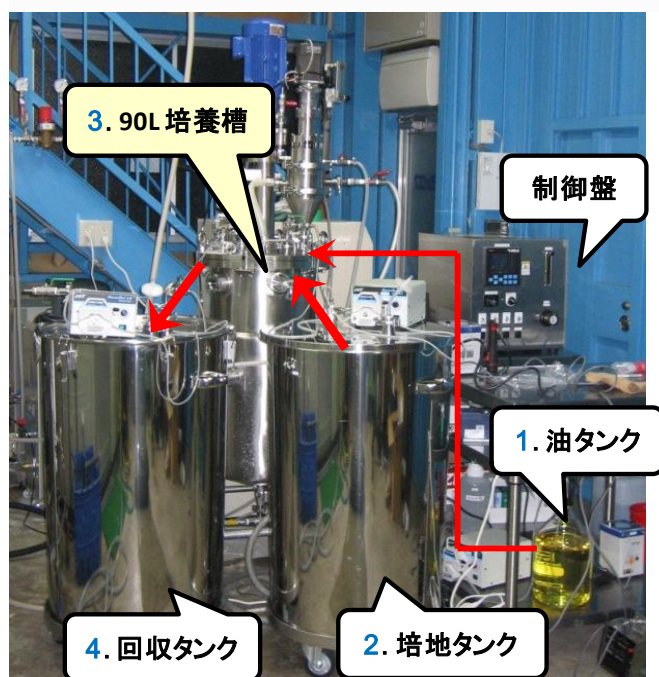


(図5) 発酵培養過程での発泡現象

3-2 実験内容

1) 連続培養システムの構築

設計した「連続培養装置」の写真を図6に示す。条件検討に際しては、まず培養槽(③)に50Lの培地を仕込み、18時間の高密度培養を行い、生菌数の濃度を 1×10^{10} cells/mlとなるようにする。その後、任意の滞留時間を設定し、それに合うように原料供給側の油供給タンク(①)と水溶液供給タンク(②)の流入量と回収タンク(④)の排出量を調整する。オートサンプラーで経時的に生菌数を記録し、培養槽内の生菌数が一定量を維持できるように、培養パラメーター(pH、温度、酸素供給量、攪拌回転数)および供給する培地の成分組成を最適化していく。また、コンタミの評価も併せて行い、連続培養の状態を監視する。

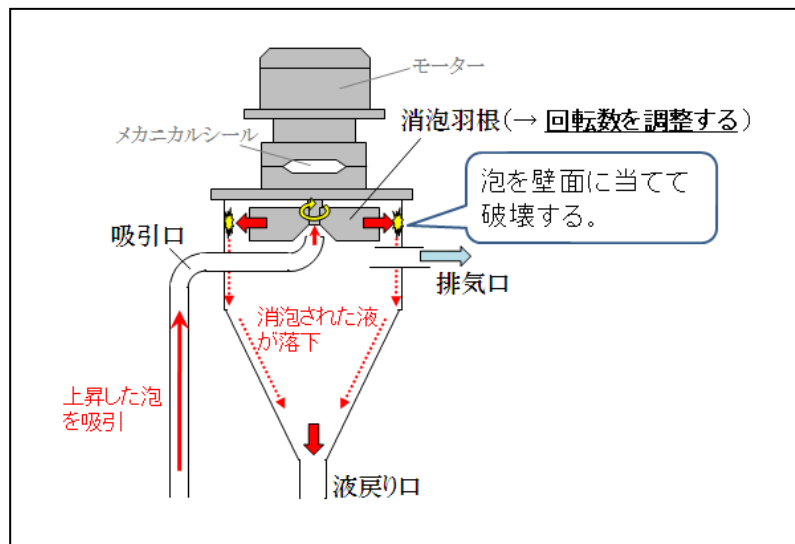


(図6)連続培養装置

2) 消泡対策

本研究開発で導入した装置は、発泡して培養槽内天板部付近まで上昇した泡を、槽内の風圧により装置内部に設置した消泡羽根の軸中心部まで吸い上げ、攪拌回転数を調整することで装置壁面に衝突させて泡を破壊し、消泡された液が重力で培養槽内に落下するような構造となっている。(図7)まず、90Lスケール培養装置にバージン植物油(現行品)を含んだ培地50Lを調製して培養し、発泡現象を確認した。その状態で、消泡

装置を作動させ、排気口から液漏れがないように消泡羽根の攪拌回転数を調整したところ、3,600回転に設定することで消泡が可能であることが判明し、消泡装置の有用性を確認した。

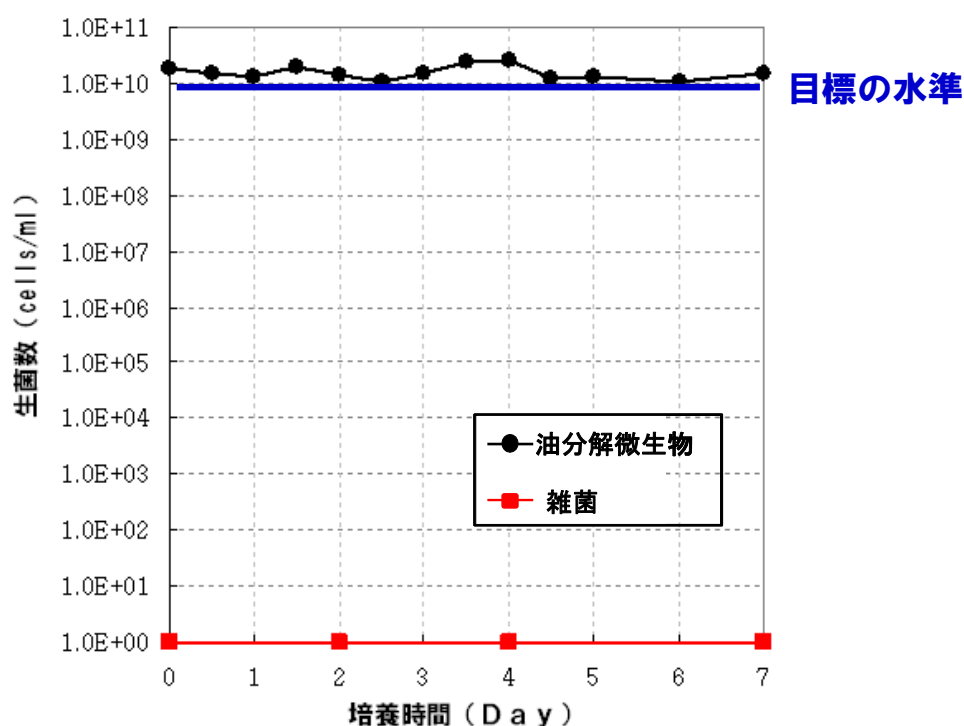


(図7) 物理的消泡装置とその内部構造

3-3 研究成果

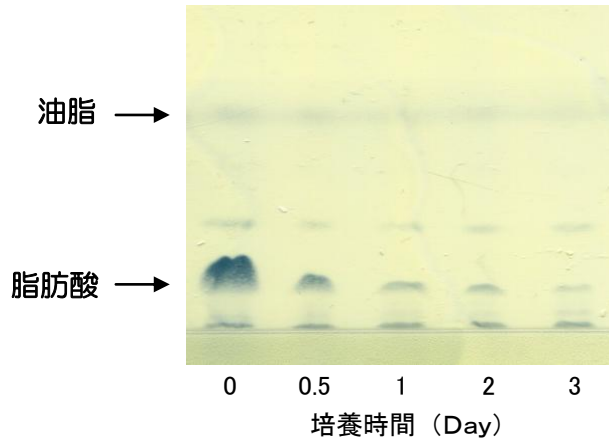
1) 連続培養システムの構築

連続培養における滞留時間は3時間～72時間まで設定可能であるが、滞留時間の最適化を行った結果、12時間の設定において安定した生産性が確保できることがわかった。12時間より長くした場合、雑菌が繁殖し、当該微生物の油分解活性が著しく低下してしまった。逆に12時間より短い場合は、原料である廃オリーブ油の未分解の状態で流出し、製品品質に影響が出る結果となった。滞留時間12時間の設定における生菌数の推移は図8のとおりである。連続培養スタート時から1週間後まで12時間～24時間毎に経時的にサンプリングし、当該油分解微生物とその他の雑菌の生菌数を確認した。当該微生物は連続培養スタートから1週間が経過しても目標水準である生菌数（ 1×10^{10} cells/ml）のレベルを下回ることなく安定して維持することができていた。また、「物理的消泡装置」を組み込んでいることで懸念されたその他の雑菌の生菌数の推移については、スタート時から1週間経過後までゼロの状態を維持しており、コンタミに陥ることはなかった。



(図8)油分解微生物と雑菌の生菌数の推移

また、薄層クロマトグラフィー（TLC）を使用して残存油分の推移を確認したところ（図9）、油脂および脂肪酸のスポットはスタート時こそ濃かったものの、日数が経過するとほぼ分解されていることが確認され、その後もその状態を維持することができていた。したがって、油分解活性などの品質についてもほぼ変化していないと見なしてよいと判断した。



(図9)TLCによる残存油分量の経時変化

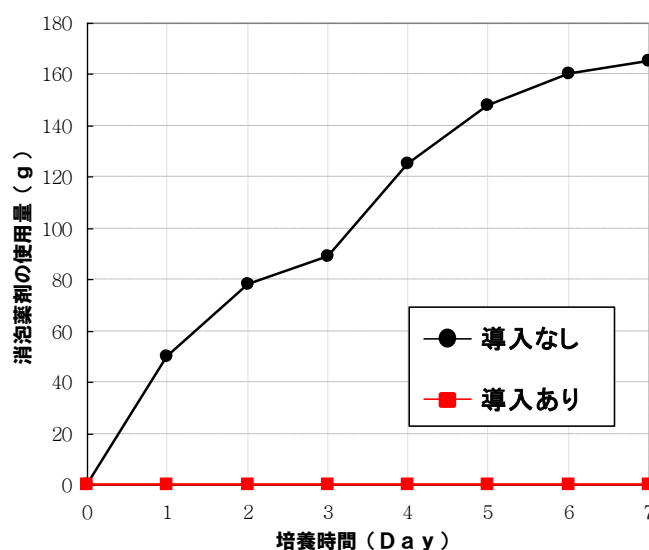
この結果を受けて、連続培養（滞留時間12時間）と現行のバッチ培養の生産回収効率を比較した（図10）。90Lスケールの培養槽を使用する場合、仕込み量として50Lの培養が可能である。バッチ培養の場合、培地の仕込みと滅菌作業などで1日かかり、培養スタートから48時間で回収し、その後の分解洗浄に1日かかるので、トータル5日間で50L回収するという計算となる。それを2サイクル繰り返すと10日間で100L回収できる。一方で連続培養の場合、滞留時間12時間なので1日あたり100L回収可能で、1週間続けると合計700L回収できる計算となる。バッチ培養と同様に仕込み・滅菌作業と分解洗浄を含めると、10日間で700L回収できる。したがって、バッチ培養と比較して7倍の生産回収効率を得ることができた。

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10日間で 生産回収量													
50L バッチ培養	仕込み	開始	2日培養		↓ 50L回収	洗浄	仕込み	開始	2日培養		↓ 50L回収	100L 7倍!												
50L 連続培養 滞留時間 12時間	仕込み	開始	1週間連続培養							↓ 100L	↓ 100L	↓ 100L	↓ 100L	↓ 100L	↓ 100L	↓ 100L	↓ 100L	↓ 100L	↓ 100L	↓ 100L	↓ 100L	↓ 700L		
			(100L/日回収可能)																					

(図10)生産回収効率の比較

2) 消泡対策

「物理的消泡装置」は発酵スタート時から稼動させたが、実際の発泡現象は18時間後くらいから急激に発生し、消泡装置の効果が確認できる高さまで液面が上昇した。その後も発泡と消泡を繰り返していたが、発酵液のロスは最小限に抑えられており、結局1週間を経過しても消泡薬剤を投入する必要がなかった。一方で、未導入の状態（現行の消泡薬剤のみを使用した場合）では日数が経過する毎にコンスタントに消泡薬剤が消費され、最終的に50Lスケールにおいて合計165g必要であった。装置“導入なし”および“導入あり”における消泡薬剤の積算使用量の経時変化を図11に示した。



(図11)消泡薬剤の積算使用量の比較

この結果から、「物理的消泡装置」の導入の有無によるコストを比較した。現行で使用している消泡薬剤は、1gあたり18円である。1週間の連続培養では165g消費したので、約3,000円の薬剤費がかかる。投入はセンサー制御によって定量ポンプで自動的に添加されるため若干の電気代はかかるが、ゼロと見なす。「物理的消泡装置」を導入すると、消泡薬剤は全く投入する必要がなかった。その代わりに装置の攪拌機は1週間稼動し続けている。電気料金(100V)は20円/kW/hとして算出すると、1週間で約340円かかる。したがって、「物理的消泡装置」を導入することで消泡薬剤使用時(現行)のコストと比較して90%削減することができた。

※1：バイオサーファクタント・・・生物界面活性剤のこと。微生物が分泌する界面活性剤で、化学合成の界面活性剤(合成洗剤)よりも特異性があり、自然分解されやすく環境にやさしいという性質から利用価値が高く、注目を集めている。

第4章 分離濃縮工程の検討

4-1 研究目的及び目標

発酵生産によりできた発酵バルクを乾燥製剤化するためには、処理時間・活性保持等の要因から、乾燥処理の前処理工程として、①当該微生物と保存性を阻害する水溶性の分泌物を分離する、②回収した濃縮菌体をさらに脱水し、含水率を下げる必要がある。①②を実現するために、それぞれ①「分離板型遠心分離機」を導入、②「多重板型スクリュープレス」を導入し、分離濃縮工程を確立し、評価する。

4-2 実験内容

まず、「分離板型遠心分離機」(図12)を用いて遠心分離処理に必要な条件を検証する。当該装置は、原液として流入する発酵バルクを遠心力で外壁部に濃縮固形分の状態で一定時間溜めてから断続的に排出するシステムである。遠心分離前と後のサンプルについては、それぞれ乾燥重量を測定し、固形分濃度として算出する。



(図12)分離板型遠心分離機による連続遠心分離

次に脱水処理を行う「多重板型スクリュープレス」(図13)は、2つのユニットに分かれている。凝集剤を添加して μm オーダーの微生物を物理的に捕捉できる大きさのフロックにする“凝集ユニット”と、それを圧送して多重に連なった円盤の隙間から水を絞り出す“脱水ユニット”がある。メインとなる脱水ユニットでは、サンプルの“供給流量”、圧送するための“スクリュウの回転数”、脱水サンプルの出口である“背圧板の

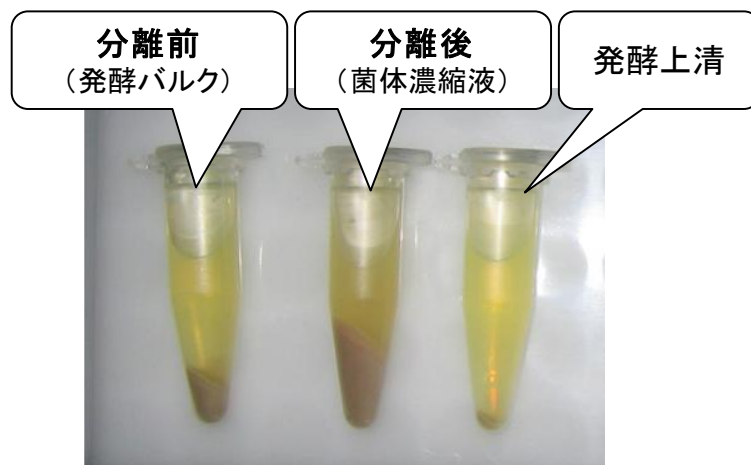
隙間”の3点を調整し、脱水を行う。脱水後のサンプルは、含水率を計測して評価する。



(図13)多重板型スクリープレス

4-3 研究成果

「分離板型遠心分離機」を用いた遠心分離処理前後のサンプルの写真を図14に示す。容器の底に沈殿しているのが、菌体である。分離前（発酵バルク）から分離後（菌体濃縮液）へ約2倍濃縮ができています。固形分濃度を測定すると、それぞれ2.6%（分離前）、5.0%（分離後）となっており、2倍濃縮を確認した。（表2）発酵上清については、菌体残渣はほとんど確認されず、発酵バルクをきれいに分離することができていた。



(図14)凝集処理後の遠心分離サンプル

(表2)遠心分離前後の固形分濃度

	分離前	分離後
固形分濃度	2.6 %(w/v)	5.0 %(w/v)

次に、「多重板型スクリープレス」による脱水処理を行った。“凝集工程”及び“脱水工程”の条件設定を表3に示す。この条件で出来あがった脱水サンプルはペースト状となり、水分含有率が83.3%となり、目標の85%以下を実現することができた。

(図15)

(表3)脱水処理の条件設定

	パラメーター	設定値
凝集工程	無機系凝集剤A添加量[%]	3
	高分子凝集剤B添加量[%]	16
脱水工程	供給流量[L/min]	16
	スクリー回転数[Hz]	25
	背圧板隙間[mm]	3.0

処理量[L/hr]	960
脱水物量[kg/hr]	13.2
脱水物含水率[%]	83.3



(図15)脱水処理の結果

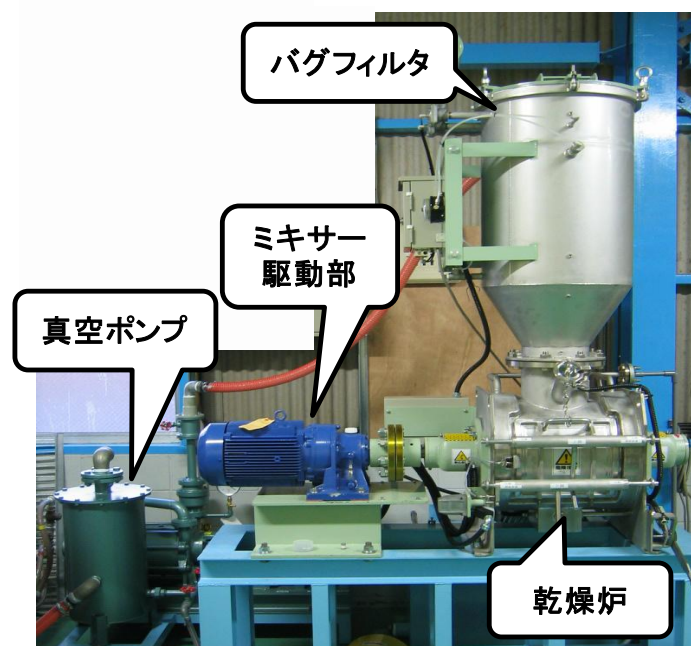
第5章 乾燥製剤化の検討

5-1 研究目的及び目標

分離濃縮工程を経てできた脱水ペーストをさらに乾燥し、乾燥菌体として製剤化する。乾燥処理の方法には、フリーズドライ（減圧乾燥）方式とスプレードライ方式が代表的であるが、当該微生物は40℃以上の熱に弱いという特性を持っているため乾燥装置の選定には注意が必要である。したがって、当該微生物の製剤化に適した装置を選定するとともに、選定した装置を導入し、微生物に与えるダメージの少ない乾燥条件の確立が必要である。

5-2 実験内容

まず、予備検討として、当該微生物の特性に適した乾燥装置として減圧乾燥機（図16）を選定した。これは、低温（30℃以下）状態で乾燥処理できるという点で当該微生物の活性を維持することが可能であったが、他方、スプレードライヤー（50～70℃）では熱によるダメージでほぼ死滅してしまったことが理由である。

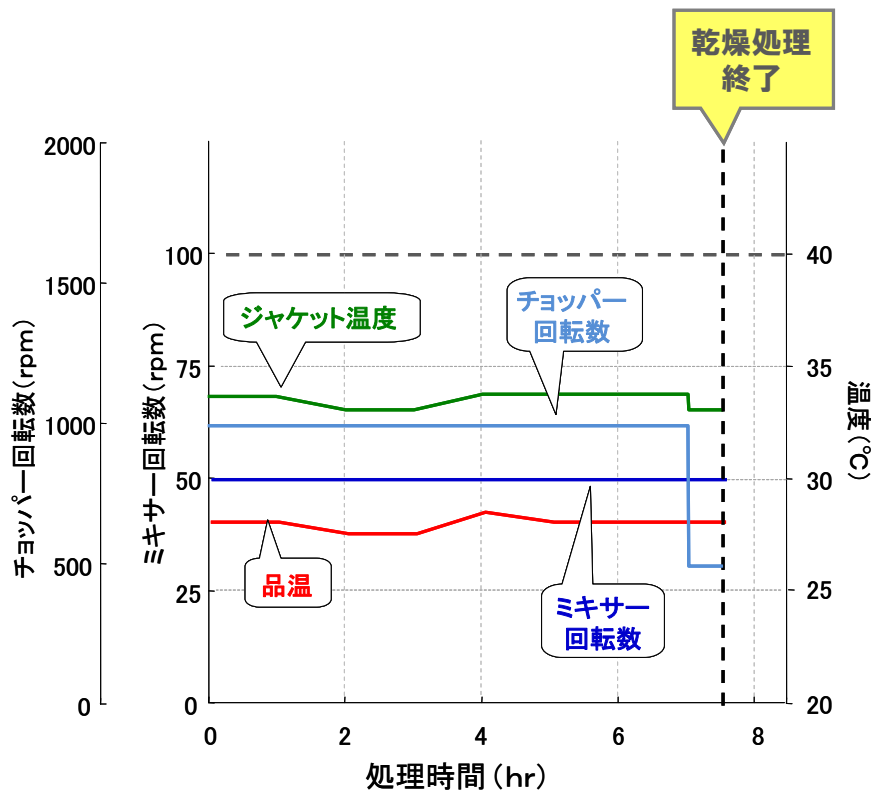


(図16) 導入した減圧乾燥機

この減圧乾燥機を用いて、分離濃縮工程後の脱水ペーストを乾燥処理した。乾燥サンプルの評価には、乾燥前後のサンプルの生菌数を寒天プレート上のコロニー形成により計数し、乾燥処理における生存率を算出する。また、乾燥サンプルの性状（粒子径、水分率など）も確認する。

5-3 研究成果

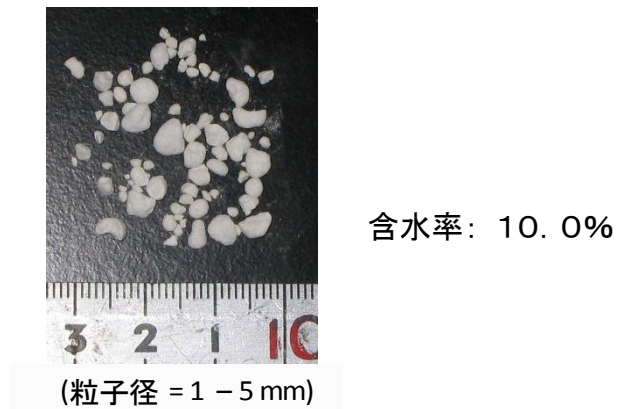
乾燥処理における各種乾燥条件の時間推移を図17に示す。熱によるダメージを軽減させるために乾燥炉内サンプルの温度（品温）を30℃以下に維持する必要があったが、結果として品温を28℃付近に維持したまま乾燥させることに成功した。さらに、ミキサー回転数50rpm、チョッパー回転数1,000rpmの初期設定を乾燥終了まで調整する必要がなかった。サンプルの性状は、乾燥から7時間を経過したところで顆粒化し始めたので、チョッパーの回転数を500rpmに調整し、均一な顆粒状となるように仕上げの混合・破碎を行った。最終的に乾燥処理には7.5時間を要した。



(図17)脱水サンプルの乾燥条件設定と経時変化

出来上がった顆粒状の乾燥製剤は、水分含有率が10%、粒子径1~5mm程度であった。(図18)チョッパーの回転数を上げて乾燥処理をさらに継続すると、水分率10%以下の微細な粉体を得られるが、本検討では顆粒状に留めた。これは、取扱者が製品を

誤って吸引してしまうことを防止するための対策で、酵素入り洗剤等では必須の条件として既に製造されているという知見を採用したものである。



(図18)出来上がった乾燥製剤

次に、発酵バルク（液体）と、分離濃縮工程後の脱水ペーストと、乾燥処理後のサンプル（乾燥製剤）の乾燥重量あたりの生菌数（cells/g）を計測した。その結果を表4に示す。乾燥前の発酵バルクの生菌数は 5.0×10^{11} cells/gであったのに対し、乾燥処理直前の脱水ペーストの生菌数は 4.7×10^{11} cells/g、乾燥処理後の生菌数は 6.0×10^{10} cells/gで生菌率としては12%であった。

(表4)各工程における生菌数の算出

	乾燥重量あたりの 生菌数 (cells/g)	生菌率	水分含有率
①発酵バルク (液体製剤)	5.0×10^{11}	100 %	98%
②脱水後サンプル (脱水ペースト)	4.7×10^{11}	94 %	83%
③乾燥後サンプル (乾燥製剤)	6.0×10^{10}	12 %	10%

第6章 実排水による試作品の評価

6-1 研究目的及び目標

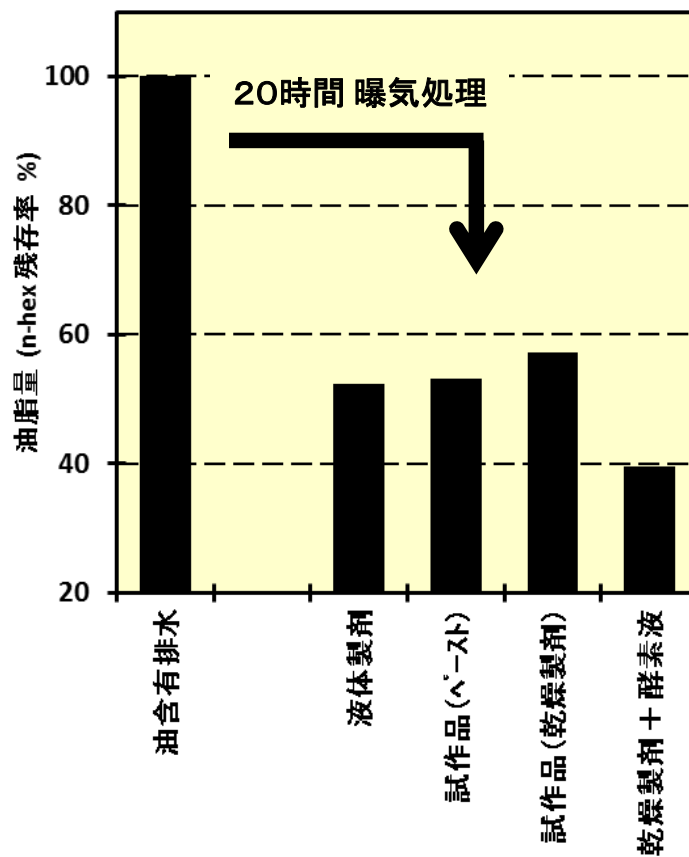
製品化検討の最終ステップとして上記の製造プロセスを経てできた試作品の油分解効果を確認する。グリーストラップは業種業態や時間・季節などにより槽内の環境が不均等で、直接現場で試験する場合、その環境変動を把握することやそれぞれの試験系を同じ環境条件に揃えることは極めて難しい。そこで、試作品の効果を純粋に比較・評価するために、油分の多い状態にあるグリーストラップの実排水を採取し、研究室内にて水質の条件をモニタリング・制御しながら分解比較試験を実施する。この方法の場合、現場実証よりも判定が迅速かつ容易であるとともに、実際の事業化後においても本製剤が対象排水に有効であるかどうかを事前に判断するための有用な検査方法となり得る。

6-2 実験内容

本研究開発の成果である試作品（乾燥製剤）を投入した後、排水中の油含有量の変化を薄層クロマトグラフィー及びガスクロマトグラフィーを用いて定量分析し、試作品の油分解効率がグリーストラップにおいて分解可能なレベルかどうかを確認する。また、比較のために発酵バルク（液体製剤）と乾燥前の脱水ペーストについても実施する。それぞれ形状が異なるが、投入する量は排水量に対して重量あたり1,000ppmに揃えた。実排水は某食肉加工工場に設置してあるグリーストラップの排水を採取し、含有する油脂量の変化を調べる。

6-3 研究成果

比較試験の結果を図19に示す。縦軸の油脂残存量は投入スタート時（0時間）のノルマルヘキサン抽出物質の値を100としたときの相対値（%）で表し、それぞれの20時間処理後の油脂残存量を比較している。従来製品である発酵バルク（液体製剤）が油脂残存量52%まで分解するのに対し、乾燥工程前の脱水ペースト及び乾燥製剤ともに同程度まで分解していることが確認できた。さらに、乾燥製剤に加えて遠心分離処理により回収した分離上清を1%添加すると、油脂残存量が40%以下にまで低下した。これは、分離上清に含まれる油分解酵素リパーゼを代表する油分解に寄与する成分が分解の初期段階に豊富に存在することによって濃縮酵素液として働き、当該微生物の油分解作用を促進しているためと考えられる。



(図19)実排水による試作品の分解比較

以上のことから、実排水を用いた分解試験系において、本研究開発の成果である乾燥製剤（試作品）が従来製品と同等の効果をもたらすことを確認し、本試作品が実排水においても有用であることがわかった。

第7章 全体総括

7-1 成果の総括

本研究開発では、グリーストラップを代表する油含有排水浄化用のバイオ製剤の生産技術の確立を目的としている。グリーストラップを所有する外食産業などの川下ユーザーやグリーストラップ製造業者からの要望に応えるために、原料の低コスト化・生産効率化・製剤の高活性化（高安定性化）を目指し、以下のように取り組んだ。

- ① 発酵原料の代替化を目的として未利用バイオマスを評価し、結果としてフーツ・廃オリーブ油・廃油（混合）の3種を代替可能なバイオマスとして選定した。評価サンプルとしてはまだ少ないが、代替原料としての適用可能範囲は広く、条件を最適化すればさらに応用できる可能性が高いことが判明した。今後も、新しいバイオマスを積極的に入手し、生産プロセスに組み込んでいきたいと考えている。
- ② 発酵生産工程の効率化を図るために連続培養システムを構築した。当初目標である1週間以上の長期連続培養を実現したとともに、生産回収効率として現行バッチ培養の7倍を達成し、当初目標（1.5倍以上）を大幅に向上させることができ、バイオ製剤の量産化に向けて大きな飛躍となった。
- ③ バイオ製剤をより高活性・高安定性にすることを目的として、現行の液体製剤から乾燥製剤に移行できるように、分離濃縮工程と乾燥工程を新たに追加した。各種工程の条件検討の結果、生菌率10%以上を保持する顆粒状の乾燥製剤の作製に成功し、目標を達成することができた。また、この乾燥製剤は油を含有する実排水に対しても効果を示し、製品化の可能性が示唆された。実際の製品化については、現場レベルでの知見が豊富な液体製剤（現行品）をまずは考えているが、製品の多様性・ラインナップの充実化に向けて、今後も乾燥製剤の検討を継続し、川下ユーザーに適した提案をしていきたい。

以上のように、バイオ製剤を生産する上での一連のプロセスを構築し、各カテゴリーについて一つ一つ見直していくことで、効率的な生産体制が確立できたことが本研究開発の大きな成果であると言える。実際の事業化を見据えたとき、本研究開発で確立した各工程をいかに選択し、さらに掘り下げていくかが今後の重要なポイントとなる。

7-2 工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況

本研究開発における工業所有権の取得及び対外発表に関しては、特に実施していない。今後、必要が生じれば実施する予定である。

7-3 今後の事業化に向けた取り組み

本研究開発はバイオ製剤の生産技術をテーマとしていたが、事業化には出口である川下ユーザーへのアプローチが当面の課題となってきた。すでに宣伝も兼ねた営業活動を進めており、現場での実証試験に着手しようとしているところである。第5章において他社製品との比較検討を実施している中で、従来の製品に際立って効果の高いものがないことがわかり、参入に対する自信と期待が大きくなったと同時に、すでに市場自体が荒廃化しているためバイオ製剤に対する川下ユーザーの不信感が強いという脅威が明確となった。実際、営業活動の中でもその事が大きな障害となっている。したがって、川下ユーザーへの信頼性をいかに獲得していくかが今後の重要な鍵を握っている。逆に言うと、川下ユーザーと密な関係を構築することができれば、事業化への加速が大いに期待される。