

平成27年度 研究成果発表会

モバイル機器の小型高性能化に対応したドライエッチング加工を用いた 小型水晶振動子の製作技術の開発.....	1
(経済産業省 ものづくり中小企業・小規模事業者等連携事業創造促進 事業 戦略的基盤技術高度化支援事業)	
高感度な植物蒸散量計の開発.....	2
(長崎県経常研究)	
ガイドレス無人搬送システムの開発.....	3
(長崎県経常研究)	
県内企業の製品化技術を高めるための支援技術の確立.....	4
(長崎県経常研究)	
新規冷却法による高精細加工技術の開発.....	5
(長崎県経常研究)	
情報創薬を指向した生体分子シミュレーションと可視化技術の展開.....	6
(長崎県経常研究)	
複雑形状部品の高効率加工技術の開発.....	7
(長崎県経常研究)	
長崎乳酸菌ライブラリーを活用した加工食品の開発.....	8
(長崎県経常研究)	
海外輸出に向けた活魚輸送技術の開発.....	9
(長崎県戦略プロジェクト研究)	

平成27年4月16日(木)

モバイル機器の小型高性能化に対応した ドライエッチング加工を用いた小型水晶振動子の製作技術の開発

(経済産業省 ものづくり中小企業・小規模事業者等連携事業創造促進事業〔戦略的基盤技術高度化支援事業〕)

グリーンニューディール技術開発支援室 兵頭竜二
九州電通株式会社 山田 浩

1. 目的

情報通信機器産業では機器の大容量高速通信・小型化により、高周波回路にも高性能化と小型化が求められている。その際に高周波回路の雑音（電気ノイズ）を抑制するためには、電子回路を動作させる基準信号源である水晶振動子の、基本波の逡倍による高周波化ではなく、基本波そのものによる高周波化が必要となる。このため、水晶振動子の基本波による高周波化と小型化の両立を可能とするドライエッチング技術を高度化して、高周波小型水晶振動子の製作技術を確立する。

2. 内容

本開発事業は、ものづくり技術を活用した研究・開発や製品の販路開拓などを目的として経済産業省が実施している戦略的基盤技術高度化支援事業（通称「サポイン事業」）の採択を受けて、九州電通株式会社、長崎大学大学院工学研究科（藤山教授）、工業技術センターの3機関で実施したものである。内容は、特許第3492933号「水晶体のエッチング加工法」（権利者；九州電通（株））を基礎とする九州電通（株）独自の水晶板へのドライエッチング技術を高度化して、小型水晶板の中央部のみを薄板化することで、水晶板の強度を保ちつつ薄板化する加工技術（図1を参照）の研究開発である。

この中で工業技術センターは、水晶板の形状測定技術の測定精度を向上させ、前記加工技術の安定化に貢献した。

3. 結果

図2から図4に、エッチング部分についての表面形状粗さの測定例、白色干渉計による3D形態観察の例、イオンミリングによって断面を切り出した後のSEMでの観測例を示す。これらの観測によって、エッチング加工面の表面粗さの評価において $0.5\mu\text{m}$ レベルでの分析手法を確立した。また、ドライエッチングした後のメサ平坦部厚さを、応力による変形などの影響を受けずに測定するには、イオンミリングによる断面試料作製後、走査電子顕微鏡によって水晶板厚さを直接観察する手法が有効であることなども見出した。

今後、九州電通（株）から、高周波小型発振器製品のサンプル出荷などが順次、行われる予定である。

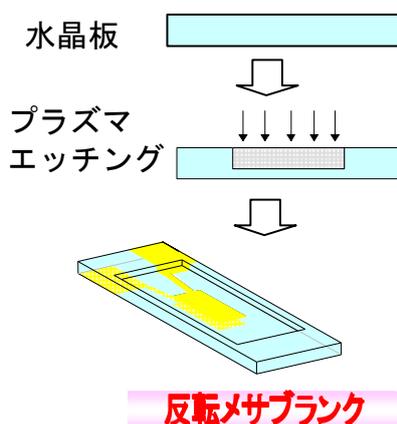


図1 小型水晶板中央部の薄板化

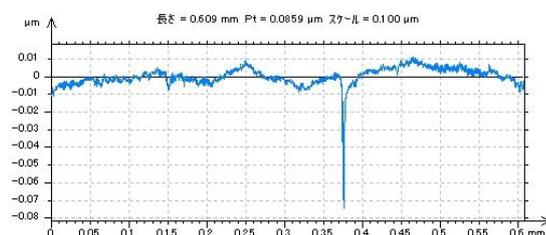


図2 表面形状粗さ

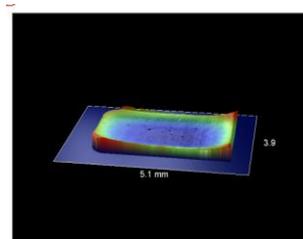


図3 エッチング部の形態観察

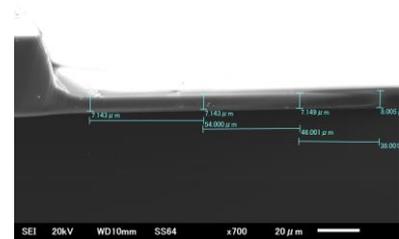


図4 断面形状

高感度な植物蒸散量計の開発

グリーンニューディール技術開発支援室 兵頭竜二

1. 目的

植物緑葉の裏面に多くある気孔は、明るいところでは植物の渇き具合の影響を受けて開閉する。一方、高品質な果実の生産では、植物の乾き具合（水分ストレス）などを把握して水管理を徹底することが要求される。このため、柑橘栽培などの農業現場では灌水管理の判断材料として、気孔の開閉状況の把握などが望まれる。

そこで本研究では、光計測技術を活用した新規の蒸散量測定デバイスとして、柑橘緑葉からの蒸散速度を計測可能なデバイスを試作開発し、柑橘緑葉の気孔からの水分蒸散量を実用精度で計測する安価な装置を開発することを目的とした。

2. 内容

本研究で試作した蒸散量測定デバイスの基本構成を図1に、動作原理を図2示す。このデバイスは、植物緑葉の裏面から蒸散する水分をペルチェ素子で冷却したガラス板上に連続して強制的に結露させる。そして、ガラス板を長手方向に全反射を繰り返しながら透過する光量の変化と、ガラス板表面の結露によって散乱して表面に飛び出す光量の変化から、その結露量の時間変化を読みとる。このことにより、植物緑葉の裏面に多く存在する気孔からの蒸散量、あるいは蒸散速度を測定する。なお、図中のLEDは光源を、PD₁とPD₂は光検出器を表している。そして、2つの光検出器で得られた受光量に相当する電気的な値は、対数増幅アンプでその比率に変換されて、結露量に相当する値として出力される仕組みとなっている。

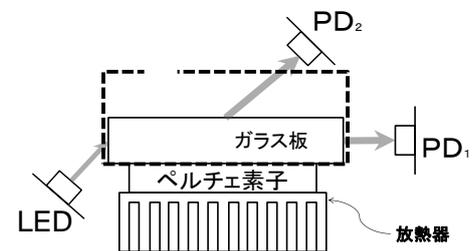


図1 測定デバイスの基本構成図

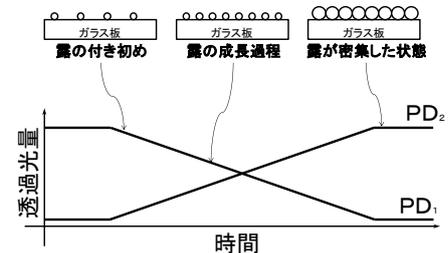


図2 測定デバイスの動作原理

3. 結果

図3に試作機の外観を示す。この試作機には、独立した2つの測定デバイスが実装されている。片方の測定デバイスは、対照データとして、雰囲気蒸気そのままで測定する。もう片方の測定デバイスは、緑葉などの測定対象物を保持し、サンプルから蒸散する水分を取り込みながら測定する。そして両者の測定結果の差異を比較演算することで、緑葉からの蒸散量を推定することができる。

図4は、市販のリーフ・ポロメータ（SC-1、Decagon Devices, Inc製）で測定した気孔コンダクタンスと図3の試作機での測定結果とを対比したものである。この図から、気孔コンダクタンスの推定ができることが確認できる。

また、この試作機では、測定結果を6段階に分け、表示器にストレス0からストレス5までの範囲で結果を簡易表示する機能を有している。

今後、実際の栽培現場に応用することができるように、計測結果の段階分けの調整や、小型・軽量化などを行いながら、県内企業に技術移転をする予定である。

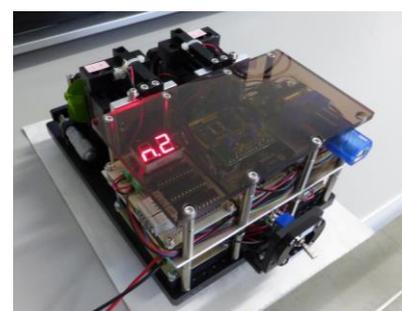


図3 試作機の外観

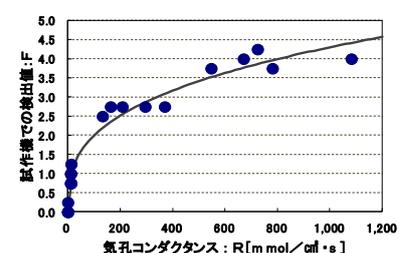


図4 測定結果例

ガイドレス無人搬送システムの開発

電子情報科 堀江貴雄、指方顕

1. 目的

無人搬送技術は生産現場を中心に広く普及しているが、これらの多くはレールの敷設など大掛かりなインフラ整備を必要としている。これら従来型の搬送技術は大量生産を目的とする大規模工場に使われてきたが、県内の中小規模工場では多品種少量生産型の事業が多いことから生産ラインが頻繁に変更されるため、導入が困難であった。そこで、本研究では、工場内での搬送台車の位置検出を行うレーザー位置センサシステム、搬送時の自動積み下ろし機構、及び全方向移動可能なメカナム搬送台車を開発した。さらに、これらを統合して自律移動が可能なガイドレス無人搬送システムを試作し、本システムの有効性を走行実験によって確認した。

2. 内容

レーザー位置センサシステムは、走行経路上の壁や柱等に貼ったリフレクタを、水平方向にレーザーを回転させながら検出し、マップマッチングにより自己位置を推定する。また、SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 技術を用いたマップ生成により、自己位置推定と環境地図作成を同時に行う。障害物検出用レーザーレンジファインダを搬送台車の右前及び左後ろに搭載することにより、搬送台車の周囲 360 度、半径 10 m 以内の障害物を検知する。統合制御プログラムは、レーザー位置センサシステム、障害物検出用レーザーレンジファインダ、SLAM 技術によるマップ生成、等から得られた位置情報、障害物情報、走行経路情報に加え、積み下ろし情報、等によりガイドレス無人搬送システムを実現している。走行経路の編集、積み下ろし情報の編集も簡単な操作により可能である。

また、狭い場所での台車移動、荷物棚へ 3cm~5cm まで近づける台車移動を実現するため、全方向移動可能なメカナムホイール機構を採用し、走行実験によりその有効性を確認した。

3. 結果

本研究で開発した要素技術の応用例としては、工場の生産システムと協調した高機能搬送システム、医療分野でのリネン搬送ロボット、ホテルでの荷物搬送ロボット、さらには、屋外搬送や農業ロボット等が考えられる。



図1 レーザー位置センサシステム

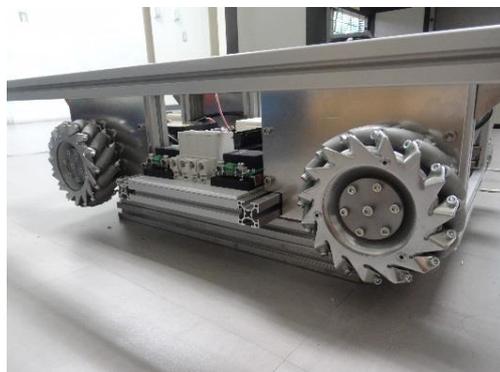


図2 メカナムホイール機構



図3 ガイドレス無人搬送車

県内企業の製品化技術を高めるための支援技術の確立 (研究開発成果の県内企業への技術移転事業)

所長 馬場恒明
 応用技術部 藤本和貴
 機械システム科 小楠進一

1. 目的

平成26年度から新たな取り組みとして、工業技術センターが保有する研究ポテンシャル・研究成果を県内中小企業に対し即効的に技術移転するための補完研究および技術移転活動を行った。

平成26年度は、以下の3項目について取り組みを行った。

- ① 表面技術に関する開発および支援
- ② 機構部材の最適設計のための評価手法の確立
- ③ センサネットワークと組込みシステム技術を用いた応用開発

2. 内容

工業技術センターが保有する上記の3項目の分野は、工業技術センターが他と差別化できる研究ポテンシャルを有する技術移転段階にあり、また、大手企業が手を出さないニッチ領域、個々にカスタマイズが必要な特異性がある先端的領域である。研究成果を県内企業が活用するために補完研究を行い、県内企業への技術移転を行うとともに、開発・保有している技術内容の普及を図るため、研究会・セミナー等の開催を行った。

3. 結果

企業訪問等を実施して企業における課題を抽出し、その課題をさらに検討するための現地技術支援、掘り起こした課題を解決するための共同技術開発を実施した。また、開発・保有している技術の普及を図るために関連する内容の研究会・セミナー等を開催した。

具体的な技術移転・普及の例としては、以下のものがある。

- ① 表面技術に関する開発および支援
 - ・機能性 DLC 膜開発成果移転による企業における製造装置導入と新規事業への参入
 - ・半導体製造装置ウエハ固定治具への DLC 膜適用および実装試験
 - ・切断刃物への DLC 膜適用と製品化
 - ・プラズマエッチング技術
- ② 機構部材の最適設計のための評価手法の確立
 - ・エンジン式船外機のモータアシストシステムの開発
 - ・海上移乗用制動装置の開発
 - ・EV 用複雑形状部品の加工技術の開発
 - ・機械加工による船型製作技術の開発
 - ・機械加工用リバースエンジニアリング技術の開発
- ③ センサネットワークと組込みシステム技術を用いた応用開発
 - ・データ管理サーバ用組込みシステムの開発支援
 - ・データ解析技術開発のためのクラウド技術分科会を設置
 - ・センサネットワーク、RT ミドルウェアに関する技術普及



図1 企業に設置された機能性 DLC 膜コーティング装置

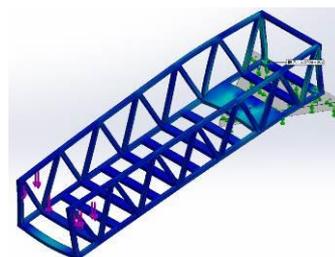


図2 海上移乗用橋の構造解析例

新規冷却法による高精細加工技術の開発

工業材料科 瀧内直祐

1. 目的

長崎県内には、金属加工業の中小企業が集積しており、工作機械、切削工具等の進歩により、切削加工技術の高度化が進んでいる。しかし、金属系難削材料は、切削加工に長い時間を要し、工具寿命が短い等、非効率的な加工作業となっている。また、切削油剤の使用による作業環境の悪化、塩素系油剤の焼却時に発生するダイオキシンが問題になっているため、切削油剤の使用量を減らす要望が益々強くなっているのが現状である。

そこで、本研究は、環境問題等を考慮して切削油剤を使用しない冷却方法を検討し、切削工具の劣化防止及び適切な加工面粗さを得ることに取り組んでいる。

2. 内容

図1は切削油剤の噴射によるエンドミル切削加工の例である。切削油剤に代わる冷却方法としてミスト等を用い、ステンレス鋼等の被削材、切削工具の刃先にミスト等を噴射しながら、エンドミル切削加工等の切削加工を行い、工具刃先の摩耗状況、加工面粗さ等を調べた。



図1 切削油剤を用いたエンドミル切削加工

3. 結果

図2は水溶液ミストによるエンドミル切削加工の例、図3はTiAlNコーテッド超硬エンドミル工具を用いてステンレス鋼(SUS304)の切削加工を行った際の工具摩耗幅(μm)の結果の一例である。切削油剤、油ミスト、水溶液ミストを用いてエンドミル接切削加工を行っており、それ以外の加工条件は同一である。切削油剤、油ミストに比べて、水溶液ミストは、工具摩耗幅が著しく減少し、工具寿命が長くなった。水溶液は発泡剤20g/蒸留水500ml (pH9.0) である。水溶液ミストは工具刃先への冷却効果があるため、異常な工具摩耗等の発生を抑制することがわかった。



図2 水溶液ミストによるエンドミル切削加工

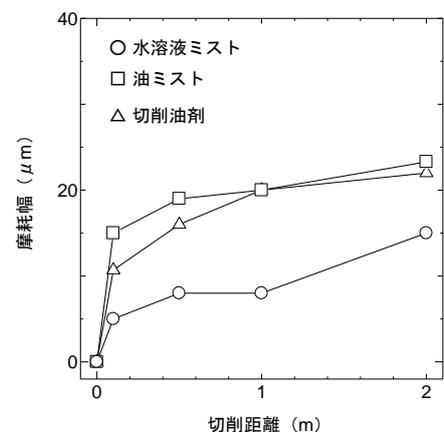


図3 工具摩耗幅

情報創薬を指向した生体分子シミュレーションと可視化技術の展開

工業材料科 重光保博

1. 目的

近年、バイオ分野へのシミュレーション技術の応用を通じて、*in vitro* (試験管内) / *in vivo* (生体内) 試験を経る実験的手法を *in silico* (コンピューター上) で補完する次世代創薬技術が模索されている。長崎県工業技術センターでは、材料設計・創薬に関するシミュレーション環境を整備しつつ、この分野での産学官連携を進めている。本研究では、関連基盤技術の導入とその有効性確認、さらに創薬シミュレーション技術のビジネス展開を目指した連携活動を行った。

2. 内容

- (1) 創薬シミュレーション技術 (QM/MM-MD、aMD, Metadynamics など) を導入し、諸手法の有効性について検討した。
- (2) 分子動力学シミュレーション高速化には、GPGPU(グラフィックスプロセッサユニットを用いた汎用計算法)を用い、加速性能および計算精度をチェックした。
- (3) 計算対象としてラメラリンおよびプロテインキナーゼ CDK2 を選んだ。(吉田, 福田, 岩尾 他 「ラメラリンの軸不斉を利用したプロテインキナーゼ阻害選択制の制御」Medichem News, pp.36-42, No.2 MAY 2013)
- (4) 当初計画していた対話型 3D 表示システムは中断し、代替として近年急速に普及している 3D プリンターを使ったリアルモデルを検討した。

3. 結果

- (1) 各創薬シミュレーション技術が、生体高分子用大規模計算に有用であることを検証した。
- (2) GPGPU 分子動力学計算は、汎用計算機をしのぐ高速化が実現された。懸念された単精度計算精度問題は顕在化することはなく、今回のテーマでは実用に耐えると判断された。
- (3) ラメラリンおよび CDK2 の第一原理分子軌道計算を実行し、収束解を得た。
- (4) ラメラリンおよび CDK2 の 3D プリンター出力を行った。創薬シミュレーションでの活用を念頭に、引き続き検討を続けている。

4. 謝辞

GPGPU を用いた分子動力学計算の高速化は長崎大学先端計算研究センターの濱田剛准教授に、ラメラリンおよび CDK2 の構造データ・実験的知見は長崎大学工学部の岩尾正倫教授・福田勉助教に、それぞれご指導いただきました。記して謝意を表します。

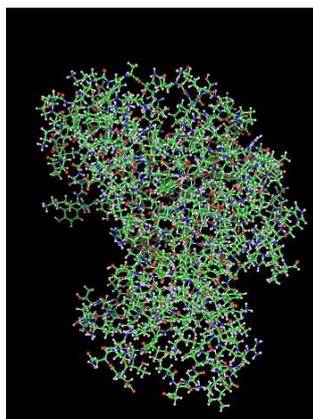


図 1 プロテインキナーゼ CDK2

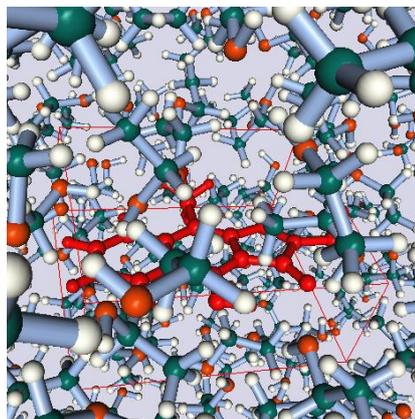


図 2 QM/MM-MDスナップショット



図 3 使用したGPU計算機

複雑形状部品の高効率加工技術の開発

工業材料科 福田洋平
瀧内直祐

1. 目的

インペラー等の複雑形状部品を切削加工する場合、工具にはボールエンドミルが用いられる。しかし、ボールエンドミルの切削機構は複雑であり、5軸マシニングセンタによる切削においては設定パラメータに工具軸傾斜が加わるため、最適な切削条件の決定が困難である。

本研究では、ボールエンドミル切削の幾何学解析を行い、チタン合金製インペラーの高効率な切削条件の決定指針を導いた。

2. 内容

①エネルギー解法を用い、ボールエンドミル切削の幾何学解析プログラムを作成した。本プログラムにより、炭素鋼を任意の切削条件で切削した際の切削抵抗が予測可能となった。

②スクエアエンドミルを用いたチタン合金の切削実験を実施し、切削条件と工具摩耗の相関データを取得した。

③ボールエンドミル切削の幾何学解析プログラムおよびチタン合金の切削実験結果を基に、チタン合金切削時の工具摩耗予測プログラムを作成した。また、プログラムの予測精度を切削実験により検証した。

3. 結果

工具摩耗予測プログラムにより、チタン合金を高効率に加工するための下記の指針を導いた。

- ①生産性（工具コストより時間コスト）を重視する場合、工具軸は加工面に対して垂直とする。
- ②工具回転数は想定される最外周切削点の切削速度を基に設定する。
- ③傾斜面の切削は、上りと下りの往復経路とすることで切れ刃の摩耗位置を分散させることができる。

これらの指針より、傾斜軸を一定としたインペラー加工法【図1】を考案し、テスト加工を実施した。考案した加工法の工具傾斜は上りと下りの往復経路となっており、工具切れ刃の摩耗位置が分散されるため目立った工具損傷は見られなかった【図2】。

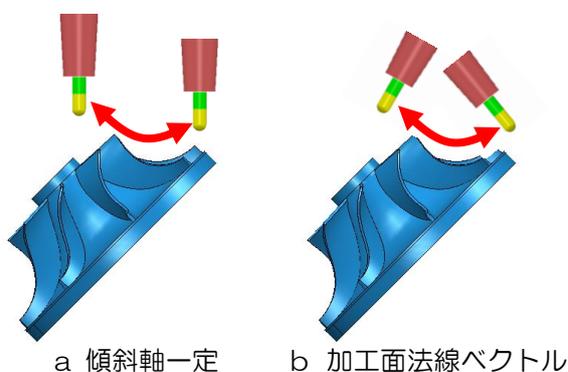
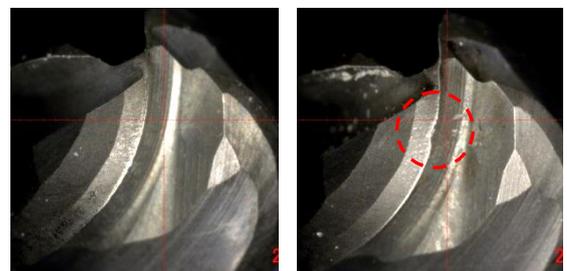


図1 インペラー加工法



a 傾斜軸一定 b 加工面法線ベクトル

図2 加工に使用した後の工具

長崎乳酸菌ライブラリーを活用した加工食品の開発

長崎県工業技術センター 応用技術部 食品・環境科
松本周三 晦日房和 玉屋 圭 河村俊哉

1. 目的

近年、メタボリックシンドローム等により医療費が増加する中、毎日の食事を通して健康を維持していくことが重要とされる。県内食品業界においても健康機能に重点が置かれ、また、安心安全の観点から微生物による機能性の付加が望まれている。さらに、地域資源、未利用資源のさらなる利用に乳酸菌を含めた微生物の活用は有効であり、付加価値向上のための手段として研究開発が求められている。このことを受けて、H21~23 戦略プロジェクト研究「長崎県産物由来の乳酸菌及び酵母を活用した加工食品の開発」をおこない、有用な乳酸菌を獲得した。しかし、乳酸菌をより幅広い製品に対して使用したいという要望があるため、様々な原料及び複数菌での発酵条件検討等をおこない、乳酸菌の高度利用、有効活用をおこなえるよう研究開発をおこなった。

2. 内容

これまでの研究で本県特産物から 700 株以上の乳酸菌を獲得した。乳酸菌を用いた新商品開発の要望が多数寄せられるため、食品加工に利用しやすいように、菌種や性質を調べ、得られたデータを分離した食品名等と併せて整理してまとめる、乳酸菌のライブラリー化をおこなった。性質については以下の項目を調べた。1.糖の資化性（分解の可否）2.有機酸、3.アミノ酸、4.抗酸化能、5.消化液耐性、6.食材及び食材から抽出した成分を用いた場合の発酵力。また、選抜した乳酸菌を用いて果物をはじめとした農産物や乳等の乳酸発酵食品の試作を複数おこなった、そのうち、乳酸発酵ショウガ飲料及び乳酸発酵トマト飲料についてはラボスケールからプラントスケールまでの製造実験をおこなった。

3. 結果

多種類の糖を分解することができるため、乳酸を多量に作り発酵が早い菌、特定のアミノ酸を豊富に作る菌、抗酸化能が高い菌等、10 種類の菌を選抜し、ライブラリー化をおこなった。特に比較的低い pH でも生存が可能で、pH2.5 の人工胃液中で生菌数が3時間後 80%以上、且つ人工腸液の中でも増殖が可能な消化液耐性が高い菌、いわゆる生きて腸まで届く菌が 10 株中 2 株存在していることが明らかとなった。

また、それらの菌からショウガの発酵に適したものを複数選び、乳酸発酵ショウガ飲料の試作及びプラントスケールでの製造実験をおこなった。各菌株を長時間前培養したものでは発酵が順調に進まなかったが、特定の発酵条件にすることで複数の乳酸菌での発酵を可能とすることができた。発酵後の各乳酸菌の生存についても確認することができた。

さらに、乳酸発酵トマト飲料の製品化もおこなった。発酵が早く、pH が十分に低下するとともに、製品の味や香りが良好な飲料が製造可能な乳酸菌を選んだ。香りを分析したところ、トマトの青臭さの原因成分と言われているヘキサナールの低下が明らかになり、野菜の青臭みが苦手な人にも飲みやすい乳酸発酵飲料となった。

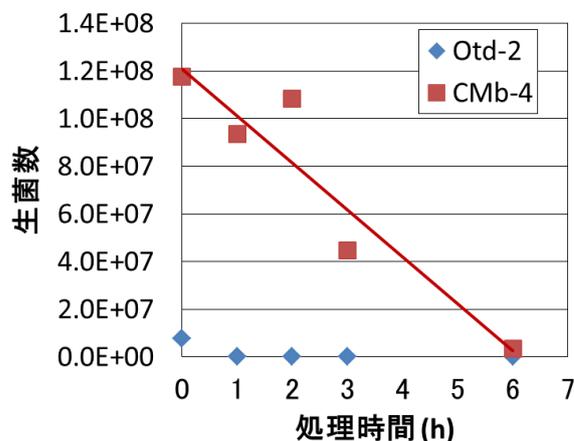


図 1 乳酸菌の消化液耐性



図 2 乳酸発酵ショウガ飲料

海外輸出に向けた活魚輸送技術の開発

食品・環境科 大脇博樹

1. 目的

国内における魚介類消費量の減少が続く中、水産物の輸出は増加傾向にあり、長崎県産の高品質な水産物の輸出拡大が求められている。本県の水産物の消費拡大とブランド化を進めるためには、流通上の輸送・鮮度保持技術の確立が必要であり、新しい輸出のツールとその技術開発が求められている。

本研究開発では、県内企業、総合水産試験場、窯業技術センターと共同で、海水電解による水質浄化技術を活用したアジとクエの高密度・長時間輸送を実現するための技術開発を行うことを目的とした。

2. 内容

当初、輸送魚としてクエを選定し、輸送想定水温18℃におけるクエのアンモニア排泄量の評価を行い(図1)、活魚輸送装置の脱アンモニア能力を決定して活魚輸送装置の設計と製作を行った(図2)。輸送期間中の電解槽電流値を決定するために、飼育水中のアンモニア濃度と残留オキシダント濃度を自動で測定・記録する自動測定装置と、その結果から適正な電流値を算出して電解槽を制御する自動制御装置を製作した。

2年目より輸送魚にアジを追加して、総合水産試験場にて前記輸送装置を用いたアジとクエの飼育試験を実施した後、トレーラーと輸送船による長崎から鹿児島までを往復する輸送試験を実施した。

輸送試験にて見出された問題点を解決するための改造を行い、3年目はトレーラーと輸送船を使った長崎から東京までの輸送試験を実施した(図3)。

輸送装置のコンパクト化と新たな機能を付与するための新規電解槽の開発を行った。

3. 結果

輸送試験では、トレーラー輸送時の振動が原因と思われる不具合が発生した。装置の改良を行って次の輸送試験を実施したが、振動による不具合を完全に解決するには至らなかった。

輸送試験では、クエ10%の収容密度で6日間の輸送に成功した。総合水産試験場での飼育試験では、アジ5%、クエ23%の7日間の飼育に成功しており、装置の振動対策の実施、輸送手段の変更等で、アジやクエの高密度・長時間輸送を実現できると推測された。

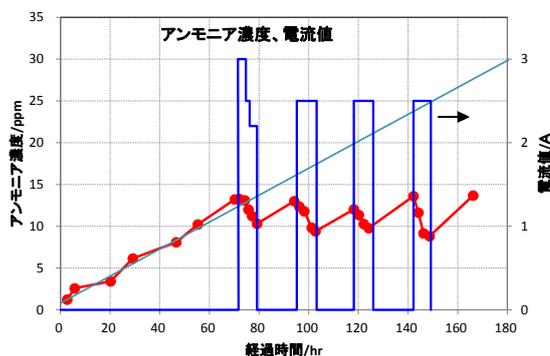


図1 クエのアンモニア排泄量評価



図2 製作した活魚輸送装置の外観



図3 活魚輸送試験状況



長崎県工業技術センター

〒856-0026 長崎県大村市池田 2-1303-8

TEL 0957-52-1133 FAX 0957-52-1136

<http://www.pref.nagasaki.jp/section/kogyo-c/index.html>