

通巻92号
Vol.27 No.3
2025.3

Technical News

沖縄県工業技術センター 技術情報誌

令和6年度 沖縄県工業技術センター 成果発表会

Contents

- | | |
|------|-----------------------------------|
| 研究紹介 | 海洋生分解性プラスチック原料の発酵生産 |
| 支援事例 | 伝統乳酸飲料ミキをモダンに提供する |
| 支援事例 | 高濃度アルコール中で増殖する微生物 |
| 技術情報 | 協働ロボットを活用するための技術 |
| 機器紹介 | 公益財団法人JKA補助事業による新規機器
「電子顕微鏡一式」 |
| 連載 | 沖縄の有用植物資源 第19回
ヒハツモドキ |
| お知らせ | 令和7年度 企業連携共同研究開発支援事業
の課題募集 |
| お知らせ | 2025年度 溶接技能者評価試験日程につ
いて |

令和6年度 沖縄県工業技術センター成果発表会

研究紹介

海洋生分解性プラスチック原料の 発酵生産

環境・資源班 世嘉良 宏斗

生分解性樹脂とは、微生物によって分解される樹脂（プラスチック）です。生分解された樹脂は最終的に水と二酸化炭素へ変換されるため、環境への影響が懸念されているマイクロプラスチックのように、自然環境中に蓄積することはありません。世界中で様々な種類の生分解性樹脂の研究開発が進められていますが、とくに植物由来等の再生可能資源から生産可能な生分解性樹脂は、カーボンニュートラルな材料としても期待できます。

ポリヒドロキシ酪酸（PHB）は、植物等の再生可能資源を原料として、微生物による発酵生産が可能な生分解性樹脂です。優れた生分解性を示し、微生物数の少ない海水でも分解する樹脂として知られています。しかし、PHBは熱可塑性樹脂であるにもかかわらず、熔融温度と熱分解温度が近いため、加熱成形時に熱分解しやすいことが課題となっています。そこで、PHBを構成する化合物の一部を別の化合物へ置き換えることで、熔融温度を低くし、熱分解温度との差を広げて、安定的な加熱成形が可能な樹脂の開発が検討されています（図1）。

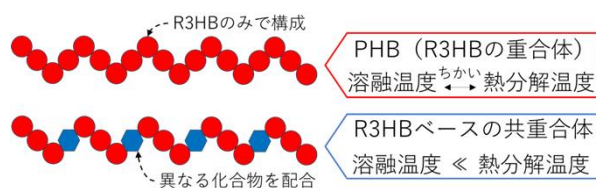


図1 R3HBをモノマーとする重合体

PHBを構成する化合物は（R）-3-ヒドロキシ酪酸（R3HB）です。R3HBと別の化合物とを組み合わせ合わせた共重合体を合成することで、課題となっている熱的性質の改善が期待できます。しかし、R3HBの効率的な生産技術が確立していなかったため、化学合成法による共重合体の開発は進展していませんでした。R3HBは微生物機能を利用した生産が可能です。従来法では生産性の改善が

必要でした。そこで当センターでは、R3HBを高生産する微生物の探索と最適な生産条件の検討を行いました。

当センターで独自に収集している好アルカリ性微生物ライブラリには、県内で採取した海水等から分離した約1,000菌株の微生物が保存されています。このライブラリのなかから、R3HBを効率的に生産する微生物を選抜したところ、従来の生産方法よりも効率的にR3HBを生産する菌株（OITC1261株）を発見しました（図2）。

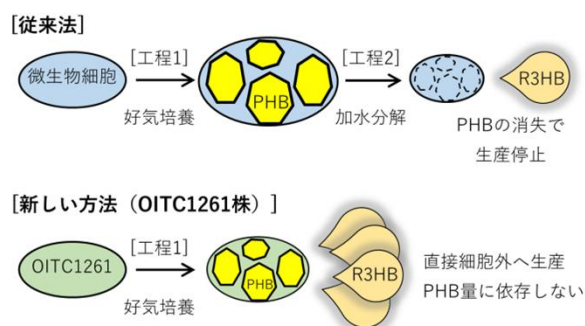


図2 R3HB生産方法の比較

従来は発酵生産したPHBを分解することでR3HBを得ていましたが、OITC1261株はPHBを経ずにR3HBを連続的に生産する特異な性質を有しており、培養液中で10%を超える濃度のR3HB生産が可能です。また、アルカリ条件下で培養可能なことから、中性付近で行われる通常の培養よりも雑菌汚染を抑制できるため、発酵管理も比較的容易です。大型の発酵タンク（1,000 L）を用いた生産実証試験では、培地滅菌しない条件でも、小スケールで行った結果と同等の良好な生産性（1.48 g/L/h）が確認されています（図3）。

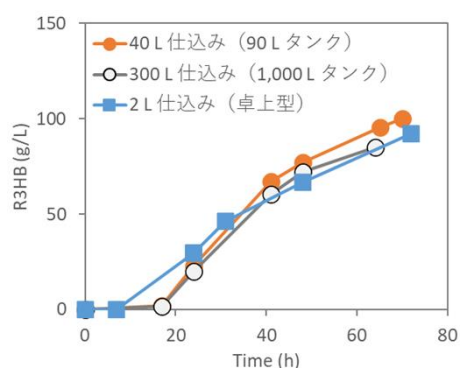


図3 生産規模と生産性の比較

さらに、OITC1261株によって発酵生産されたR3HBを原料とする共重合体の合成研究の結果、加熱成形可能な生分解性樹脂原料としてのR3HBの可能性が示されています。当センターでは、樹脂分野での用途開発を図りながら、R3HB生産技術の実用化を目指しています。

支援事例

伝統乳酸飲料ミキを モダンに提供する

食品・醸造班 豊川哲也

【伝統的乳酸発酵飲料ミキ】 ミキは、琉球・奄美地域の祭祀の際に供される伝統的飲料です。米を麴、麦芽などで液化した後に乳酸発酵が進行するため甘酸っぱい風味の飲料となります。その歴史は古く、15世紀には飲用されていた記録があります。近年、ベジミート（大豆ミート）に代表されるように植物性原料を用いた代替食品が広がっており、飲料においても大豆やアーモンドを原料にした植物性ミルクが注目されています。こうした視点から見ると、ミキはヨーグルトや乳酸飲料の代替食品としてとらえることも可能であり、実際に商品開発の相談も多数あります。本稿では、伝統乳酸発酵飲料ミキを、現在にマッチした食品として製造するための方法について説明します。

【美味しく安全に】 2021年から、すべての食品事業者はHACCP（ハサップ）に基づいた衛生管理を行うことが義務化されました。HACCPとは、原材料の入荷から製品の出荷までの工程において、食中毒菌汚染や異物混入などの危害要因を科学的根拠に基づいて管理する手法です。当然ながら、ミキの製造もHACCPに基づいて行う必要があります。ミキの製造工程の概略を図1に示します。ミキは、原料の米を麴や酵素で糖化・液化する工程と、糖化により生じた糖類を乳酸菌が乳酸に変換する乳酸発酵の工程を経て製造されます。そして現代の流通に対応するため、密封容器に充填後殺菌する工程が加わります。

【原料】 使用する原料は、異物の混入やカビ・昆虫の発生がないことが必要です。つづいて、米を完全に α 化させる水分を吸水させるため浸漬を2時間程度行います。加熱工程では、ほとんどの微生物が死滅します。この工程以降は、器具やヒトからの二次汚染が生じないよう一般的衛生管理を徹底する必要があります。

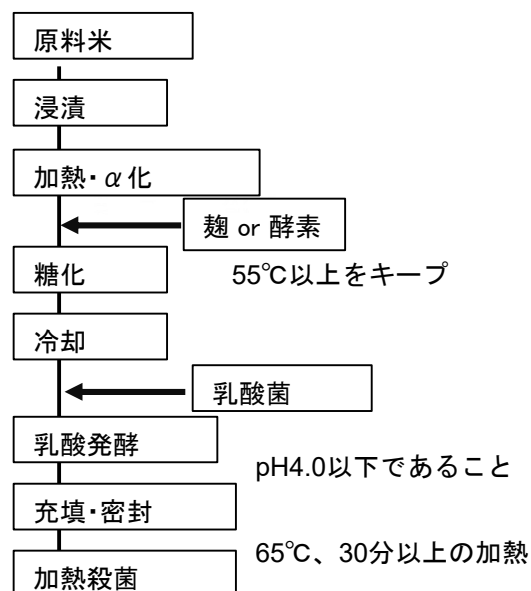


図1 ミキの製造工程の概略と留意点

【糖化】 糖化には、麴や酵素製剤を用います。麴を使うと麴に含まれるプロテアーゼがアミノ酸を生成し風味に厚みが出ます。一方、酵素製剤を用いた場合は切れのあるサラッとした風味となります。麴や酵素の最適な反応温度は55-60℃です。都合のいいことに、この温度帯は食中毒菌の増殖も起きにくいため、製品の温度を55 - 60℃に保つことが重要です。

【乳酸発酵】 糖化物を約40℃まで冷却したのち、乳酸菌スターターを添加して乳酸発酵を行います。乳酸菌はヨーグルトやチーズ、漬物などから分離された粉末乳酸菌を種菌として使います。種菌は管理して製造されたものを用いることが重要です。自己流で継ぎ足したのを使うと雑菌汚染の原因となります。また、ミキで増殖が困難な乳酸菌もあり、この場合も雑菌汚染の原因となります。増殖がうまくいくと数時間でpHが4.0以下となり、食中毒菌の増殖が不可能となります。

【充填密封～殺菌】 pHが十分に下がったのを確認して充填密封・殺菌を行います。pHが4.0未満の場合、品温が65℃で10分加熱することで常温流通可能な商品となります。

【商品化事例】 株式会社コロワークスでは、上記工程に準拠して製造した商品をミキボウルという商品名で販売しています。本商品は、沖縄県優良県産品およびWELL-NESS OKINAWA JAPANに認証されています。



支援事例

高濃度アルコール中で 増殖する微生物

食品・醸造班 豊川哲也

【リキュールの澱】

リキュールを製造しているA社から、アルコール濃度が30度のリキュールに澱が生じてクレームとなっているため原因究明と対策について協力してほしいとの依頼がありました。この澱を顕微鏡観察したところ、形や大きさがそろった球状や棒状の多数の粒子（図1）が観察されました。形状や大きさから微生物の可能性が疑われたため、澱を標準寒天培地に塗抹培養したところ多数のコロニー（図2）が出現しました。

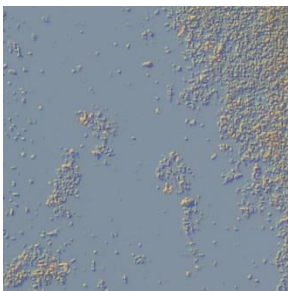


図1 澱の顕微鏡写真



図2 出現したコロニー

これらコロニーを、30%アルコールを含む液体標準培地に接種し数週間培養したところ、培地の底に白い沈殿が生じました。これを検鏡したところ多数の細菌（図3）が確認できました。以上の結果から、澱はリキュール中で微生物が増殖し、微生物の巨大集合体であるバイオフィルムを形成したものであると推察されました。

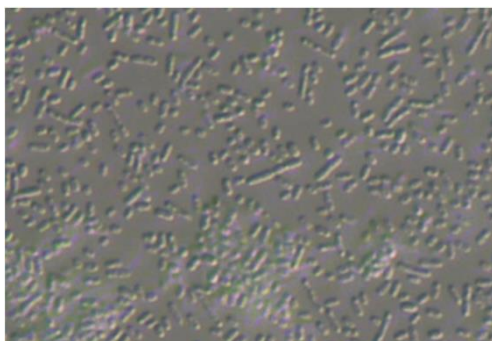


図3 30%エタノールを含む液体培地で増殖した細菌類

【30%のアルコールでも増殖する微生物】

澱から単離した微生物について、16S rDNA塩基配列解析にもとづく同定を行ったところ、表1に示す3種類の菌の存在が確認されました。

表1 確認された細菌

菌株	学名
菌株1	<i>Staphylococcus Schweitzeri</i>
菌株2	<i>Cohnella spp.</i>
菌株3	<i>Paenibacillus cineris</i>

いずれの菌株も、食中毒や感染の報告がないセーフティレベル1に分類されており、リキュールの摂取が健康被害に結び付く可能性は極めて低いと考えられます。ただし、澱の発生により商品価値は著しく損なわれます。

【殺菌試験】

液体普通培地で培養した 10^7 から 10^8 cells/mlの対数増殖期にある菌株培養液に、エタノールを30%となるように添加し殺菌試験を行いました。殺菌試験後の試料を標準寒天培地に塗抹し生残菌数を測定したところ。菌株1および菌株2は65℃、15分の加熱で生残菌が認められなくなりました。一方、菌株3は85℃、45分の加熱でも生残菌が認められました。菌株3は、芽胞形成菌であるため芽胞状態の菌が生残したのと考えられます。

【再発防止対策】

リキュール中の澱が微生物であることが明らかとなったことから、リキュール工場での対策を検討しました。まず、澱の原因である細菌の由来を調査したところ、特定の植物原料が汚染源であったため原料の変更を行いました。次に、製造ラインの各所でこれら細菌が検出されたことから、ラインの洗浄殺菌を徹底して行いました。特に、加熱殺菌からボトル充填までの工程管理を見直しました。

【酒類製造における微生物管理】

近年、沖縄の酒類製造業界ではリキュールの製造販売が増加しており販売数量は泡盛の3倍以上となっています。一般的なリキュールは、アルコール度数が5-10度と低く栄養成分が豊富であるため衛生管理が悪いと酵母や細菌に汚染され濁りや発泡などのクレームにつながる事例がありました。今回、アルコール度数が30度という高濃度のリキュールでも微生物の増殖が確認されたことから、さらなる衛生管理の徹底が求められます。

技術情報

協働ロボットを活用 するための技術

機械・金属班 泉川達哉

【協働ロボットとは】

協働ロボットは「人と協調して働くロボット」です。従来の産業用ロボットとは異なり、人と同じ空間で作業を行うことが可能です。また、コンパクトで導入コストも比較的安価なことから、労働力不足や後継者不足を解決するツールとして期待されています。

県内では製品へのラベル貼りや製品の袋詰め、不良品の検出、内容量の調整など人手を多く必要とする作業において、協働ロボットが活用できる可能性があります。



製品の袋詰め作業



協働ロボットの例

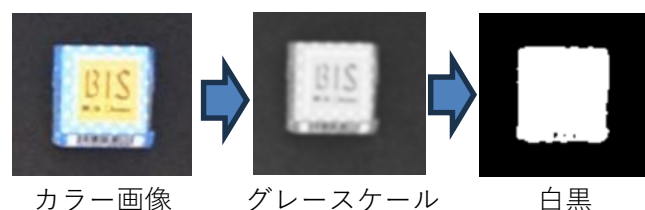
型 式	Dobot 社 MG400
本体価格	約 40 万円
設置面積	190mm×190mm
可搬重量	500g

【ロボットを動かすために必要な技術】

ロボットに人と同じ作業をさせるにはどうしたらよいでしょうか。例えば「お菓子を種類ごとに並べる」という仕分け作業の場合、人はお菓子の種類を瞬時に見極め、お菓子を手に取り、適切な場所に移動させることが自然にできます。しかし、この簡単な作業をロボットにやってもらうためには、どこにお菓子があるのか、種類ごとの包装の特徴は何か、お菓子のどこを掴み、どこへ並べるのかについて正確に指示する必要があります。

現在、以下に示す画像処理や、機械学習などのAI技術を用いて協働ロボットを自律制御することが多く行われるようになっていきます。

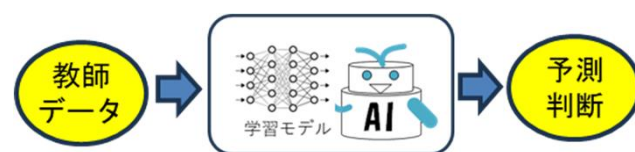
①画像処理：カメラで撮影したカラー画像をグレースケール化し、その色の濃淡を基に更に白黒化することによりお菓子の輪郭を捉え、位置を特定します。また、全体の画像からお菓子だけを切り取り、機械学習で用いる教師データを作成します。



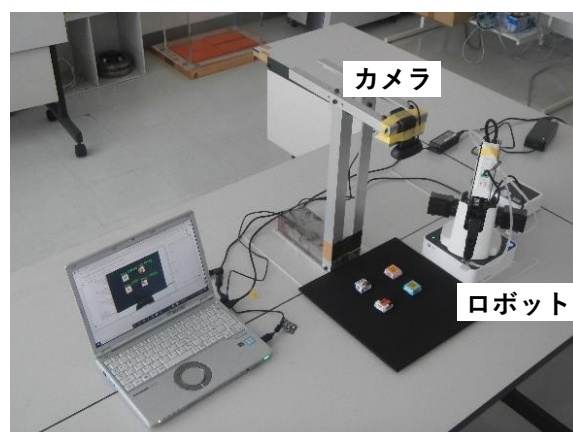
②機械学習：機械（コンピュータ）に大量のデータを読み込ませ、データ内に潜むパターンを学習させることで、未知のデータを判断するためのルールを見出します。

お菓子の種類を識別する場合、異なる角度から撮影したお菓子の大量の画像（教師データ）を用いて、種類ごとの特徴を定義する学習モデルを作成します。

学習モデルの作成にはコンピュータのリソースを多く必要とするため、通常、クラウド上のシステムを用います。



③ロボット動作制御：カメラ座標とロボット座標の変換や、お菓子の移動先などを座標で指示します。リアルタイムで行うお菓子の識別作業では、学習モデルをローカル環境にダウンロードし用いることができます。



仕分けロボットシステム

【当センターでの取り組み】

製品のパッケージから種類を識別し、種類ごとに並べるなどの作業を自動化するロボットシステムの開発に取り組んでいます。

機器紹介

公益財団法人JKA補助事業による新規導入機器「電子顕微鏡一式」

機械・金属班

JKA Social Action
競輪とオートレースの補助事業

公益財団法人JKAの2024年度補助事業を活用し、「電子顕微鏡一式」を新たに導入したので紹介いたします。

【電子顕微鏡とは】

電子顕微鏡とは、真空中で細く絞った電子ビームで試料表面を走査し、そのとき試料から出てくる情報（信号）を検出して画面上に試料表面の拡大像を表示する装置です。電子顕微鏡には走査電子顕微鏡（SEM）と透過電子顕微鏡があり、今回導入した装置はSEMになります。

SEMの特長としましては

1. 低倍率から高倍率まで固体表面の観察が可能
2. 光学顕微鏡に比べて焦点深度が深い
3. X線分析装置と組み合わせて微小領域の分析が可能

などがあげられます。

【仕様】

本機はエネルギー分散型X線分析装置（EDS）を搭載しており、分析も行えます。

表1 JSM - IT700HR(日本電子株式会社製)仕様

電子銃	インレンズショットキー電界放出銃
写真倍率	×5～×600,000
加速電圧	0.5kV～30kV
自動機能	ビームアライメント フォーカス/非点/明るさ/コントラスト
最大試料寸法	200mm径×75mm高さ
試料ステージ	X:125mm Y:100mm Z:80mm 傾斜: -10～90°
画像モード	二次電子像、REF像、組成像 凹凸像、立体像
検出可能元素	Be～U
分析	定性分析、定量分析 点分析、線分析、マッピング

【観察】

本機は光学像とSEM像が連動する機能を有しており、特定箇所を観察する場合の視野探しが容易になっています（図1）。また、鮮明な映像を得るために必要なフォーカス・スティグマ・ビームアライメントの調整が自動で行えます。



図1. SEM操作画面

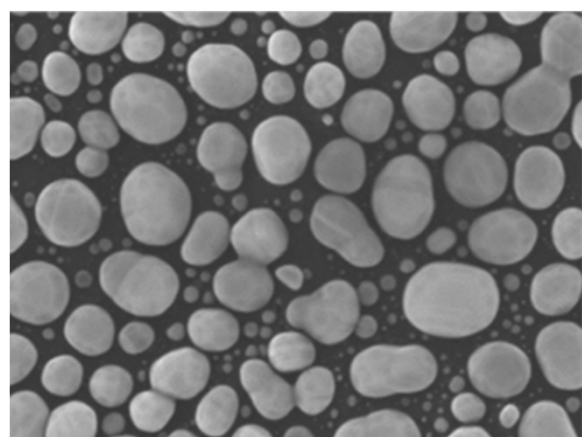


図2. 金粒子（加速電圧20kV 倍率 ×150,000）

【分析】

本機はSEM操作画面内でEDSの分析操作ができます。たとえばSEM画像内で気になった箇所にカーソルを合わせて長押しするだけで即座に分析することができます。

分析モードは点分析、線分析、エリア分析・マッピング（図3）を搭載しています。



図3. マッピング画面

本機の利用に関しましては、機械・金属班までお問い合わせください。

沖縄の有用植物資源 第19回

ヒハツモドキ

環境・資源班 荻貴之

「沖縄の有用植物資源シリーズ」第19回目は、ヒハツモドキについて、ご紹介します。

ヒハツモドキって何？

ヒハツモドキ (*Piper retrofractum*) は、スパイス諸島で知られるインドネシア、マルク諸島原産のつる性植物です。バリペッパーやジャワペッパーとも呼ばれ、沖縄ではピパーチ、ピィパーズ、フィファチなどの名前で親しまれています。同じコショウ属の植物には、ヒハツ (*P. longum*) やコショウ (*P. nigrum*) もあり、それらも香辛料として使われています。



ヒハツモドキ (コショウ科)
Piper retrofractum Vahl (*Piper officinarum* C.DC)

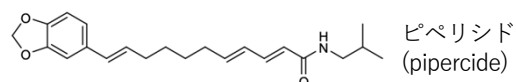
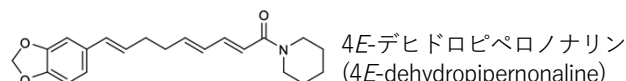
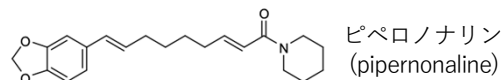
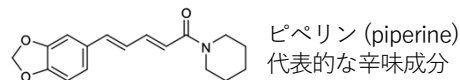
ヒハツモドキの栽培と利用方法

インドネシアやフィリピン、日本国内では特に沖縄で栽培されています。この植物の果実は、長い穂の形のまま乾燥させて粉末化され、香辛料として使われます。

ヒハツモドキは、古くから東南アジアや沖縄の料理に用いられてきました。東南アジアではカレーや肉料理などに使用され、沖縄では八重山そば (沖縄そば) や炒め物 (ちゃんぷるー) に振りかけるスパイスとして知られています。その独特な風味が料理を一層美味しくします。

特徴的な成分

ヒハツモドキには、コショウ (*P. nigrum*) と同様にピペリンが含まれており、ピリッとした辛味があります。また、ピペリン以外にも様々な成分 (二次代謝物) が含まれています。以下に代表的な二次代謝物をいくつか紹介します。



当センターにおける取り組み

工業技術センターでは、これまで国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (AMED) が実施する創薬基盤推進研究事業において、沖縄工業高等専門学校と共同研究を行い、培養細胞を用いた試験においてヒハツモドキ由来のピペリン類縁化合物が HO-1 と呼ばれる体を守るタンパク発現を増加させること、さらにピペリン類縁体を化学修飾した合成物との活性を比較することで分子内の活性部位を明らかにしました。

まとめ

ヒハツモドキには、ピペリン以外にも多くの二次代謝物が含まれ、これらが独特の風味や健康効果を支えています。また、抗酸化、抗炎症、抗菌作用などをもち、様々な健康効果に寄与していることが報告されています。これらの成分に関する研究はまだ進行中であり、今後さらに多くの有益な効果が明らかになることが期待されます。

謝辞

本研究は、AMEDの課題番号JP21ak0101165h 0001の支援を受けました。

参考文献

- 世界有用植物事典, 坂田満ほか編集, 1996年発行, 平凡社
- ヒハツモドキ (*Piper retrofractum*) 実から分離したピペリン類縁化合物のNrf2活性と分子内活性部位の特定, 藤下 楽, 平良 淳誠, 荻 貴之, 日本薬学会143回年会, 札幌市, 北海道大学

お知らせ

令和7年度企業連携共同研究開発 支援事業の課題募集！

- ・ 生産上の課題を何とかしたいなあ
- ・ シーズ、アイデアはあるのだけど
- ・ 実験の仕方が分からない
- ・ 評価はどうしよう

企業

共同研究

工業技術センター

- ・ 技術的なアドバイスができるかも！
- ・ 実験や試作のお手伝いします！
- ・ センターの機器で評価してみましよう！

本事業は、企業単独では困難な新技術・新製品の開発や、製造工程の改良・改善、技術課題の解決等を目的に、当センターと企業が共同で実施する研究開発事業です。

【経費の負担】

研究費の1/2以上を応募者に負担して頂きます。
おおよその目安は、1テーマあたり30～200万円
（企業負担分：15～100万円）です。

【研究の期間】

契約の日から最短1ヶ月で、最長令和8年2月末日の期間内です。

【募集期間】

令和7年3月17日（月）から4月25日（金）まで
（予定）

【選定方法】

書類審査、プレゼンテーション（必要に応じて）

※公募要領および提案書類は当センターホームページに掲載します。

お問い合わせは、企画管理班(098)-929-0111まで。

お知らせ

2025年度溶接技能者評価試験 日程について

4月 試験日程：4/5（土）、4/6（日）
申込期間：1/14（火）～1/17（金）

8月 試験日程：8/2（土）、8/3（日）
申込期間：5/12（月）～5/16（金）

12月 試験日程：12/13（土）、12/14（日）
申込期間：9/8（月）～9/12（金）

問い合わせ先：一般社団法人 沖縄県溶接協会
（沖縄県工業技術センター内）

TEL：098-934-9565 FAX：098-934-9545

沖縄県溶接協会ホームページ

<https://www.okiyousetu.info/>

※日程は変更になる場合もあります。変更になる場合は、ホームページで

お知らせいたしますので、ご確認くださいませよう
お願い申し上げます。

試験種目：アーク溶接、半自動溶接、ステンレス溶接等JIS規格による溶接、

JPI（石油学会）規格による溶接、WES（基礎杭）規格による溶接

発行

沖縄県工業技術センター 企画管理班
〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎12-2

TEL (098)-929-0111

FAX (098)-929-0115

URL

<https://www.pref.okinawa.lg.jp/shigoto/kenkyu/1011573/index.html>

技術情報誌電子版と

バックナンバーはこちらから→

