

通巻 89 号  
Vol.26 No.3  
2024.3

令和5年度 沖縄県工業技術センター 成果発表会

# Technical News

沖縄県工業技術センター 技術情報誌

## Contents

### 研究紹介

首里城瓦の開発に関する研究

### 支援事例

シークワサーシードルの開発

### 機器紹介

水蒸気蒸留装置及び酒類用振動式密度計  
公益財団法人 JKA 補助事業による新規機器  
『デザインシステム一式』

### お知らせ

令和6年度 企業連携共同研究開発支援事業の課題募集  
2024年度 溶接技能者評価試験日程について

# 首里城瓦の開発に関する研究

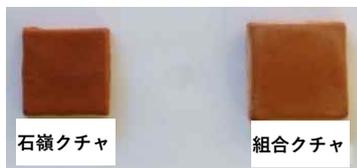
環境・資源班 花城 可英

焼失した首里城の復元に向けて、沖縄県工業技術センターは首里城瓦の開発に関する研究を実施しました。

瓦原料となるクチャ、赤土の調査、原料配合試験、焼成条件について検討し、その結果を元に沖縄県赤瓦事業協同組合の協力により、首里城瓦の試作を行いました。

## 原料調査及び配合試験

量的に瓦原料を確保できるよう、公共工事現場のクチャについて原料特性を調査しました。その結果、焼成後の吸水率が低い石嶺雨水貯留施設現場クチャ(石嶺クチャ)を確認しました。



	吸水率 (%)
石嶺クチャ	2.1
組合クチャ	18.3

図1 石嶺クチャ、組合クチャの焼成体

しかし、石嶺クチャだけでは収縮率が大きいため、他のクチャとの配合試験を行いました。また、正殿破損瓦を粉碎し、シャモットとして添加しました。クチャと赤土の割合を8:2、7:3、6:4とし、クチャの内石嶺クチャの割合を3割、5割、7割、シャモットを外割で5%~15%配合し、1,030°C、1,060°C、1,090°Cで焼成しました。焼成体の吸水率を測定し、原料配合割合の絞込を行いました。

## 試作試験1

試作試験1として、原料配合から荒地成形までを当センターで行い、プレス成形から焼成までを沖縄県赤瓦事業協同組合に所属する瓦工場で行いました。

原料配合は、クチャ7、赤土3とし、クチャの内石嶺クチャを3割配合しました。また、シャモットは外割で5%添加しました。

各瓦工場で通常の赤瓦と同時に1,000°Cで焼成した試作瓦は、目標とした吸水率12%以下の瓦となりました。なお、熱履歴は焼成時に試作瓦付近に置いたリファサーモで確認しました。

表2 各瓦工場で焼成した試作瓦1の吸水率

	熱履歴	吸水率 (%)
A瓦工場	1,012°C	10.2
B瓦工場	1,026°C	10.2
C瓦工場	1,037°C	9.5

## 試作試験2

試作試験2として、瓦工場において原料配合、混練、プレス成形、焼成を行いました。原料はパッケージで計り取るため、その他クチャ6.0、石嶺クチャ1.6、赤土2.4、シャモット外割5%の配合になりました。

各瓦工場で通常の赤瓦と同時に1,000°Cで焼成したところ、試作瓦の吸水率は12%前後、曲げ破壊荷重は2,000N以上となりました。

試作試験2では、吸水率が12%以上の試作瓦があり、試作瓦に鉄粉のハジキが見られるなど課題が見つかりました。

表3 試作瓦2の吸水率と曲げ破壊荷重

	吸水率 (%)	曲げ破壊荷重 (N)
島袋瓦工場	12.3	2,670
八幡瓦工場	11.9	2,630
当山瓦工場	11.7	2,600

## 試作試験3

試作試験2において確認された課題を解決するため、原料配合割合を変えると同時に、石嶺クチャの粉碎脱鉄処理工程を追加し、焼成温度1,030°Cとし、瓦工場での3回目の試作を行いました。

その結果、その他クチャ5、石嶺クチャ2、赤土3、シャモット外割5%の配合により、首里城瓦の仕様を満たす瓦となりました。

表4 試作瓦3の評価結果

	配合② クチャ7(石嶺クチャ2+その他5)、赤土3
熱履歴	熱履歴平均1,060度(1,050~1,085度)
表面・色味	表面状態は良好、濃い赤系色
収縮率	平瓦:幅7.7% 長7.1% 丸瓦:幅6.5% 長8.2%
吸水率	【良好】平瓦10.2%、丸瓦10.0%
曲げ破壊荷重	【良好】2,000N以上
透水試験	【良好】瓦表面への漏れはない
不良率	平均8.1%(平瓦8.4%、丸瓦7.7%)

## まとめ

本研究により、仕様を満たす首里城瓦が生産できることがわかりました。この成果を元に首里城瓦の生産が行われます。

次ページに首里城瓦試作状況を示します。また、鉄粉除去のため、追加された石嶺クチャの処理工程を示します。

### 首里城瓦試作状況



図2 原料配合



図3 原料混練



図4 配合原料



図7 プレス後



図6 プレス成形



図5 荒地



図8 乾燥



図9 焼成後

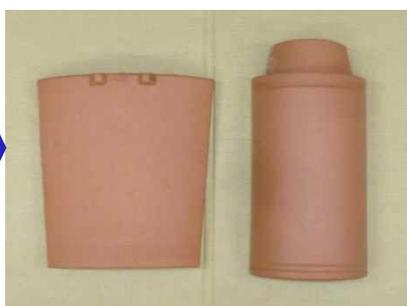


図10 試作瓦

### 石嶺クチャの処理工程



図11 粉碎



図12 フルイ



図13 脱水

# シークワサーシードルの開発

食品・醸造班 望月智代

## 【背景】

沖縄の代表的なカンキツ類であるシークワサー (*Citrus depressa* HAYATA) は、8月下旬から収穫が始まり、12月中旬までの果実は果汁加工用として、さらに1月中旬までは生食用果実として利用されています。平成29年当時、大宜味村におけるシークワサーの廃棄量が年間800tあったことや果実単価が低いことを鑑み、オッチサイダリー株式会社(沖縄市)ではシークワサーの利用拡大を目的に、果汁を主原料としたアルコール飲料開発に着手しました。ところがpHが低いことや果皮由来の成分などの影響によりアルコール発酵が難しかったため、工業技術センターへ技術相談が寄せられました。そこで、「企業連携共同研究開発支援事業」による共同研究(平成30年度)と製品化に向けた技術支援を実施しました。

## 【研究内容】

共同研究では安定した発酵条件の確立を目標に、収穫時期と搾汁方法の異なる果汁を用いて発酵に影響を及ぼす要因(前処理の有無、酵母、栄養源など)について試験しました。その結果、安定的なアルコール発酵に必要な前処理や副原料等を明らかにし、製造方法を確立しました。

酵母については、酒類製造に用いられる市販酵母の中から増殖の良い株を選定しました(図1)。この選定株を用いて小仕込み試験を行ったところ、アルコール濃度は9~10%程度となりフローラル香やシークワサーの爽やかさが特徴のお酒となりました(表1)。

## 【製品化に向けて】

共同研究終了後、製品化に向けた課題として、甘味やアルコール濃度の微調整、品質管理、製造場所の整備と衛生管理、実機による製造試験がありました。そこで、当センターの研修生受入制度を活用していただき、技術支援を行いました。

開発当初の製品仕様としては、ターゲットをワイン好きな女性とし、食事とともに気軽に楽しめるビールのように爽快な飲料でアルコール濃度は5%前後と定めていました。そこで味やアルコール濃度調整のための試作を繰り返し、製品仕様に合致した甘味果実酒・シークワサーシードル(アルコール濃度6.5%)を完成させることができました。

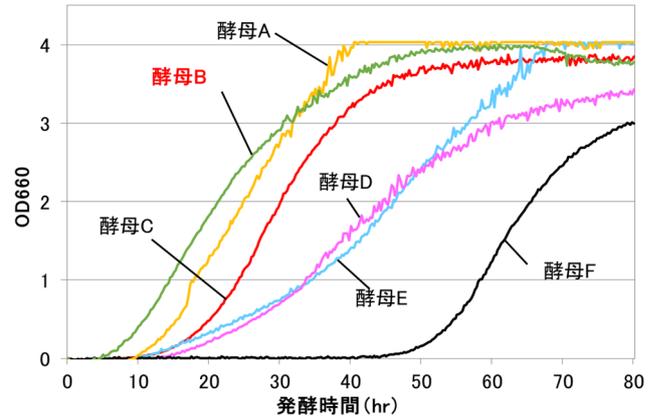


図1 市販酵母による発酵試験(酵母Bを選定)

表1 選定株による試作品の特徴

11月果汁	アルコール濃度(%)	特徴
A工場	10.3	フローラル香
B工場	9.92	シークワサーの爽やかさ、 ドライな味わい

## 【成果】

オッチサイダリー(株)では2022年9月に酒造免許を取得、沖縄市にて醸造所を構え、「Occiオリジナル(図2)」として製造・販売を開始しました。本製品は、県内の飲食店22店舗にて提供されており、オンライン購入が可能です(詳細はオッチサイダリーHPを参照)。また、令和5年度優良県産品に推奨されております(図3)。



図2 製品イメージ



図3 令和5年度優良県産品

## 【企業情報】

オッチサイダリー株式会社  
 沖縄市中央1丁目36番10号  
 HP: <https://occicidery.com/>



Instagram

# 水蒸気蒸留装置及び酒類用振動式密度計

食品・醸造班

## 水蒸気蒸留装置と酒類用振動式密度計を用いたアルコール分の測定について

酒類のアルコール分の測定は、通常、浮標を用いた国税庁所定分析法で実施しなければなりません。殆どの酒類については、酒類用振動式密度計(図1)と水蒸気蒸留装置(図2)を用いた「水蒸気蒸留装置と重量法を組み合わせた振動式密度計によるアルコール分の測定法(以下SDK法)」を用いて測定することが可能です。

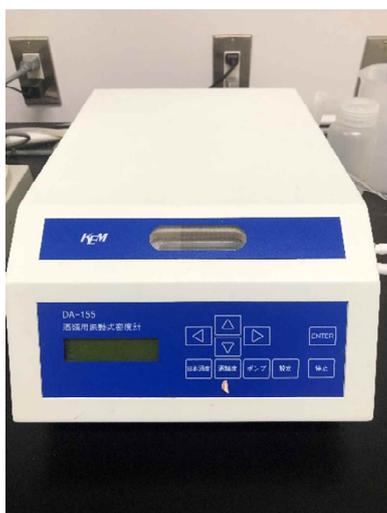


図1 酒類用振動式密度計  
(京都電子工業株式会社製)



図2 水蒸気蒸留装置  
(京都電子工業株式会社製)

## SDK法を用いることが可能な酒類について

国税庁では、清酒、単式蒸留焼酎、果実酒、リキュール、スピリッツ、ウイスキー、ビール、発泡酒、みりん、酒母、もろみについてSDK法を用いてアルコール分を測定\*することも可能と

なっています。通常の測定方法と比較して、トータルでは、30ml程度のサンプル量と少なくてもよく、1サンプルあたり7分程度で測定可能です。

操作については、付属のパソコンに専用ソフトがインストールされており、画面(図3)に示された手順に従って操作するため、測定は容易になっています。

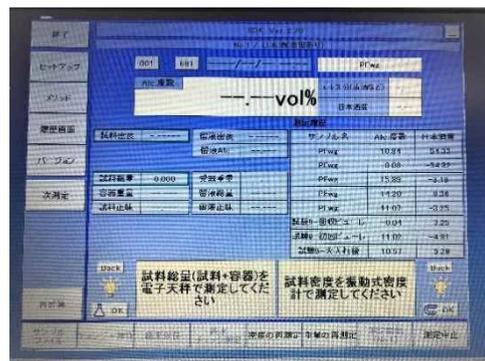


図3 SDK法の操作画面

## 酒類以外のアルコール分測定について

酒類以外のアルコール分の測定として、醤油や味噌なども可能となっており、味噌のアルコール分測定で用いる「酸化還元滴定法」と比較しても短時間で測定することが可能です。

もろみ、各酒類や味噌などのアルコール測定で水蒸気蒸留装置、酒類用振動式密度計(図4)を利用したい場合は、当センターまでご連絡ください。機器使用料は、1時間あたり、水蒸気蒸留装置が100円、酒類用振動式密度計が120円となっています。



図4 SDK法に用いる機器一式

※測定可能な諸条件については、下記の国税庁HPよりご確認ください。

<https://www.nta.go.jp/taxes/sake/sonota/soku-teihoho/saiyo.htm>

公益財団法人 JKA の 2023 年度補助事業を活用し、「デザインシステム一式」を新たに設置しましたので紹介いたします。

## デザインシステム一式とは？

工業デザインに関する試験研究・技術支援に必要なソフトウェアおよび周辺機器を総合したもので、以下の構成となっています。

1. PC、ソフトウェア
  - ◆主要ワークステーション
    - 総合グラフィックソフト
    - 3DCAD ソフト、○3DCG ソフト
  - ◆機器制御用ノート PC
    - 3DCAD/CAM ソフト
    - 各種機器制御ソフト
2. 出力機
  - ◆高画質インクジェットプリンター
  - ◆3D プリンター
3. 加工機
  - ◆切断用小型レーザー加工機

クリエイティブな感覚（イマジネーション）を阻害せずダイレクトかつ迅速に反映させるため、他の専門的機器と比べて操作が直感的で扱い易いのが特徴となっています。

### 1. PC、ソフトウェア

ワークステーション本体は、デザイン業界および関連する研究分野においてもスタンダード機器となっている MacPro で、最新のアップルシリコン M2 プロセッサ（大容量の RAM、高性能なグラフィックスカード）を搭載しており、複雑な 3D モデリングやシミュレーション、高解像度のレンダリングなど、デザインプロジェクトに必要な高い計算能力を有しています。



■主要ワークステーション「MacPro」

2D グラフィック処理については、Mac との親和性が高く世界標準的に使用されているアドビシステムズの Illustrator、Photoshop、Acrobat Pro に加え、InDesign、Bridge、Dreamweaver など、ウェブツールも包括した総合パッケージである Adobe Creative Cloud を備えており、3D モデリングについては、当センターにおいても既に活用実績があり、様々なデータ形式にも対応できるデザイン系 3DCAD ソフト「RhinoCeros」と、直感的操作で粘土彫刻をするように 3D モデルを造形できるソフト「Z-Brush」を導入しました。



■3DCAD ソフト「RhinoCeros」

「RhinoCeros」は、複雑な曲面を多用する工業デザイン分野において、多くのデザイナーが利用しているサーフェスモデリング（物体の表面形状をデザインする）ソフトです。2D グラフィックの定番ソフトである Illustrator や機械系 CAD との連携といった高い拡張性があり、デザインアイデアを製造現場の加工データとしてダイレクトに反映させることができます。



■3DCG ソフト「ZBrush」

「Z-Brush」は、機械的設計とは違った有機的形狀を自由に造形することが得意ですので、ゼロから想像に任せて立体物をモデリングしたり、3D スキャンした形状を修正・編集また

はアレンジするなど、CAD 操作が苦手でも比較的手軽に 3D モデルの造形ができます。

このほか、3D プリンターやレーザー加工機を制御するため、3DCAD/CAM 操作にも対応するグラフィック処理性能を備えたノートパソコンも導入しています。こちらには各機器のドライバーのほか、3DCAD/CAM ソフトとして「RhinoCeros」と「RhinoCAM」、複雑なモデリング機能を強化するソフトとして「Xnurbs」、「Mesh2Surface」、「RhinoResurf」が RhinoCeros にプラグインされています。

## 2. 出力機

紙出力装置（カラープリンター）は、写真やグラフィックデザイン、CG 画像、図面などがプロクオリティーの高画質・高精細で出力可能で、A2 ノビおよびその幅のロール紙といったポスターや原寸図などのサイズにも対応している「EPSON SC-PX1VL」を導入しました。



■高画質インクジェットプリンター（A2 ノビ・ロール紙対応）

3D プリンターについては、当センターの保有する機器「Formlabs 社 Form2」の後継機種として様々な改善が成された「Form3+」を導入しました。比較的高精細で様々な質感（物性）樹脂素材にも対応した光造形方式で、試作・検討の際にはもちろん、用途によっては実用にも耐え得るものも造形できます。



■光造形方式 3D プリンター（左）と造形物（右）

モデル	Formlabs Form 3+
造形方式	光造形方式（LFS）
造形サイズ	D145×W145×H185mm
積層ピッチ	25 μ～300 μ
XY 軸解像度	25 μ
レーザー焦点サイズ	85 μ
使用材料	PP・PE・ABS ライク、ゴムライク、シリコンライク、高靱性、高耐熱など光硬化樹脂（レジン）各種

## 3. 加工機

様々な材料を正確且つ高速に切り出す機器として、CO<sub>2</sub>レーザー加工機「Cut-Key900N」を導入しました。A1 サイズ（594×841mm）程の十分な加工領域と、レーザーの出力は 130W で、金属以外の板モノ（アクリルを主とした樹脂類、木材や MDF など）の切断加工を主体に、様々な素材（樹脂類ほかガラスや皮革など）への刻印など、デザイン試作や実製作に幅広く対応できます。



■切断用小型レーザー加工機「Cut-Key900N」

モデル	Cut-Key900N
レーザー方式	CO <sub>2</sub> レーザー130W
加工エリア	幅 900×奥行 600mm
最高速度	60000mm/min
切断可能最大厚（アクリル）	15mm

当センターでは、デザインシステムを活用した研究開発・技術支援を行っています。デザインに関する相談や関連機器の利用についてなど、機械・金属班までお問い合わせください。

## 令和6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、アイデアはあるんだけど。
- ・実験の仕方が分からない。
- ・評価はどうしよう。

- ・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7年2月末日の期間内です。
- 募集期間** 令和6年3月18日（月）から4月26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

## 2024年度 溶接技能者評価試験日程について

- |            |  |
|------------|--|
| <b>4月</b>  | 試験日程：4/6（土）、4/7（日）<br>申込期間：1/22（月）～1/26（金）   |
| <b>8月</b>  | 試験日程：8/3（土）、8/4（日）<br>申込期間：5/20（月）～5/24（金）   |
| <b>12月</b> | 試験日程：12/7（土）、12/8（日）<br>申込期間：9/17（火）～9/20（金） |

※日程は変更になる場合もありますので、お問い合わせください。

試験種目：アーク溶接、半自動溶接、ステンレス溶接（TIGを含む）プラスチック溶接  
JPI（石油学会）規格による溶接、WES（基礎杭）規格による溶接

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/>

## お問い合わせ

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番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  
・バックナンバー  
はこちらから→

▼技術情報誌



工業技術センター  
HPトップ画面は  
こちらから→

工業技術センターTOP

