

令和6年度

高知県工業技術センター報告

THE REPORT ON WORKS OF
KOCHI PREFECTURAL INDUSTRIAL TECHNOLOGY CENTER

No. 56 (2025)

令和8年3月

高知県工業技術センター

目 次

I 令和6年度高知県工業技術センター研究報告

1. 食品開発課

食用ココロギ粉末の熱水抽出物のアミノ酸及び有用成分分析	1
土佐酒の輸出拡大に向けた市販清酒の成分分析と解析	9
高知酵母の培養特性に関する研究（第1報）	
糖資化性の評価とガラクトース資化性による CEL24 の簡易判別	15
酢酸イソアミル高含有土佐酒の開発（第1報）	
イソアミルアルコールを低減した酢酸イソアミル高生産酵母の育種	19
ユズ果汁の品質管理基準の最適化支援	
2024年産ユズ果汁の物理化学性状	25
ユズ果汁の微生物検査	29
簡略化したメチレンブルー染色法による酵母密度測定	31
市販ドライフルーツの水分と水分活性	33
上糟酒の品質指標の予測にもろみ発酵工程のデータ量が及ぼす影響（学会要旨）	35
清酒の官能評価結果の予測で誤差が大きい試料の特徴の考察（学会要旨）	36

2. 生産技術課

溝加工溶着爪の開発（第1報）	
溶着層の強化	37
代掻き爪の開発（第1報）	
CFD を利用した代掻き爪の形状設計法の検討	39
NanoVNA を用いた伝導系 EMC 試験治具の日常点検への検討	42
既設計器の IoT 化を支援する 7 セグメント OCR カメラの設計と評価	48
ROS2 によって構築したロボットアーム制御システムの実装	52
CFD を用いた製紙プラントの流体解析支援の事例紹介	54
スマートものづくり導入支援事業による取組（第1報）	56
全国溶接技術競技会 四国地区高知大会 初開催	59
「見える化」で実現する生産性向上 5S と目で見える管理	61

3. 資源環境課

県産植物バイオマス資源由来の機能性商品の開発（第1報）	
牧野博士由来植物「ミソハギ」のリパーゼ阻害活性評価	63
県産植物バイオマス資源由来の機能性商品の開発（第2報）	
ミソハギ (<i>Lythrum anceps</i>) 抽出物に含まれる α -グルコシダーゼ阻害活性成分に関する研究	68

魚皮の振動共鳴体としての可能性（第1報）	74
植物系材料とプラスチックの混練に関する技術レポート（第1報）	76
鉱物中炭酸量の評価手法検討	78
プログラマブルロジックコントローラ（PLC）とCC-Linkを利用した実験用ロボット作製	83
バイオコークスの利活用に関する調査研究	86
ニトリルゴム手袋の希酸及び希アルカリ水溶液に対する耐透過性評価	89
「環境技術開発支援事業」実施報告	92

Ⅱ 令和6年度高知県工業技術センター業務年報

1. 総 説

1-1	沿 革	95
1-2	規 模	96
1-3	組織と分掌	96
1-4	職員名簿	97
1-5	決算状況	98

2. 業務・事業の状況

2-1	研究開発及び技術支援	100
2-2	企業化支援の推進	100
2-3	産学官の連携	101
2-4	技術人材養成及び職員の資質向上	101
2-5	技術サービス	101
2-6	情報の収集、提供及び技術成果の普及	101
2-7	計量検定室	102

3. 誌上・学会等発表

3-1	研究成果報告会	104
3-2	論文発表	104
3-3	学会発表（ポスター発表含む）	104

4. 技術サービス

4-1	依頼試験、機器使用	107
4-2	審査員派遣	107
4-3	技能検定（高知県職業能力開発協会主催）	108
4-4	技術指導アドバイザー派遣	111

5. 人材養成・技術研修

5-1	人材養成研修、技術講習会	112
5-2	講師派遣	
	（1）大学等への派遣	113
	（2）講習会等への派遣	113
5-3	研修生の受入	113

6. 産業財産権	114
7. 参考資料	
7-1 主要設備	116
7-2 補助事業等	118
7-3 人事異動	119

I 令和6年度高知県工業技術センター研究報告

食品開発課

食用コオロギ粉末の熱水抽出物のアミノ酸及び有用成分分析

森山 洋憲 下藤 悟

Analysis of Amino Acids and Functional Components in Hot-Water Extracts of Cricket Powders

Hironori MORIYAMA Satoru SHIMOFUJI

市販のコオロギ粉末7品の各熱水抽出物を調製し、各種分析に供試した。コオロギ粉末に含まれている遊離の総アミノ酸量は100g当たり344~2102 mgであった。アミノ酸組成比の高い成分はタウリン、アルギニン、グリシン、プロリン、グルタミン酸、アラニンであり、低い成分はメチオニン、ロイシン、フェニルアラニン、アスパラギン酸、スレオニンであった。イノシン酸量を測定したところ100g当たり0.5~119mgであった。市販ダシ食材と比較したところ、コオロギ粉末はアミノ酸分析結果がカツオ節よりは煮干しに傾向が類似していたものの、ヒスチジン組成比やイノシン酸量が両食材よりも低いことが分かった。LC-MS解析を行った結果、コオロギに特徴的な成分であるカルニチン等を検出した。こうした特徴的な成分が試料のもつ食品化学的な特性に影響していることが示唆された。

1 目的

2013年に公表されたFAO(国際連合食糧農業機関)の報告書¹⁾に起因して、世界的に昆虫食が注目されるようになった。国内では昆虫食の習慣があったこと、そしてSDGsへの関心が高まっていたことを背景にして、食用コオロギの生産や販売、加工品の開発が進められるようになった。農林水産省が事務局を担当するフードテック官民協議会では、昆虫食は新たなタンパク質源のひとつとして挙げられている²⁾。

コオロギをはじめとする昆虫食の普及に向けて様々な研究が進められている。コオロギ等の食用昆虫の生産と利用拡大に向けての課題については広岡の総説にまとめられている³⁾。大野らは昆虫食の普及に向けてその独特な風味を解析し、焼き菓子の原料として利用する場合の対策について報告した⁴⁾。西岡らは昆虫食材の栄養評価と嗜好性調査を行い、地域の活性化への活用について検討した⁵⁾。塩谷らは昆虫食受容を高くするために、一般の人々の意識、知識、関心の程度についてアンケート調査を実施し、安全面や外観への抵抗感が特に強いことを報告している⁶⁾。安全面への対策として、食用コオロギの生産ガイドラインも公表されている⁷⁾。一方で、昆虫食を巡る心理学的な研究動向をとりまとめた元木らは、昆虫食受容を高めるためのモデルを提案している⁸⁾。

国内の昆虫食に対する受容は依然として高まらないものの、フードテックという新たな視点により、

新たなタンパク質源としての期待は維持されている。

いくつかある食用昆虫の中でもコオロギについては、ある程度の研究及び事業化の進展により、全国へ展開している量販店での販売実績もある。一方で、興味本位が先行し、加工品への応用に向けた研究開発が疎かにされている感は否めない。どちらかと言えば昆虫食受容を高めること、あるいは栄養的な価値を普及させることを目的とした研究が占めている。

そこで本研究では、将来的には昆虫食受容が高まることを視野に入れつつ、食用コオロギの加工利用に向けての基礎的な知見を得ることを目的として、旨味成分を分析し、他の旨味抽出用の食材と比較した。また、LC-MSシステムを活用した各種有用成分の解析も実施し、付加価値を高めるために食品化学的な評価も試みた。

2 方法

2.1 試料

市販されているコオロギ粉末を7品入手し、試料として用いた。コオロギ粉末7品の内、6品はイエコオロギ(*Acheta domesticus*)、残りの1品はフタホシコオロギ(*Gryllus bimaculatus*)を原料とするものであった。

比較するための参考試料として、カツオ節又は煮干しを原料とする市販のダシ食材も入手して供試した。

2.2 抽出物の調製

7.5gの試料に100mLの純水を添加し、80℃の水浴

中に60分間放置した後、No.2ろ紙を用いて減圧ろ過した。ろ液とろ物の洗浄液とを合わせて150mLにメスアップしたものを熱水抽出物とした。

各試料から得られた熱水抽出物については適宜希釈し、ポアサイズ0.2 μ mのフィルターに通過させた後、各分析に供した。

比較するための参考試料についても同様に抽出操作を行った後、フィルター処理したものを分析に供した。

2.3 アミノ酸分析

標準物質として標準アミノ酸H型(富士フィルム和光純薬(株))とタウリン(富士フィルム和光純薬(株))を用いた。標準物質及び熱水抽出物に含まれている遊離のアミノ酸分析についてはUPLCシステム(日本ウォーターズ(株))とAccQ・Tag Ultra誘導体化キット(日本ウォーターズ(株))を使用し、プレカラム誘導体化法によって測定した。分離条件は既報の通りである⁹⁾。

2.4 イノシン酸分析

熱水抽出物に含まれているイノシン酸の測定にはX-LCシステム(日本分光(株))を用いた。分離条件は以下の通りである。

カラム: COSMOSIL 2.5HILIC ϕ 2.00mm \times 150mm、2.5 μ m(ナカライテスク(株))、溶媒: アセトニトリル/10 mMリン酸バッファー pH7.0 (50:50、v/v)、

流速: 毎分0.4 mL、検出波長: 210nm、カラム温度: 40 $^{\circ}$ C、注入量: 2 μ L

2.5 LC-MS ノンターゲット分析

2.5.1 LC部条件

装置: SCIEX ExionLC AC ((株) エービー・サイエックス)、カラム: COSMOSIL 3C18-PAQ ϕ 2.00mm \times 150 mm 3 μ m(ナカライテスク(株))、溶媒A: 0.2%ギ酸(v/v)、溶媒B: メタノール、グラジエント条件: 0分(2%B) \rightarrow 3分(2%B) \rightarrow 8分(95%B) \rightarrow 10分(95%B)、流速: 毎分0.2mL、PDA 検出波長: 200 \sim 700nm、カラム温度: 40 $^{\circ}$ C、注入量: 2 μ L

2.5.2 MS部条件

装置: SCIEX X500R ((株) エービー・サイエックス)、イオン化法: ESI positive/negative、測定モード: IDA、イオンスプレー電圧: 5500V、イオンソース温度: 550 $^{\circ}$ C、コーン電圧: 80V、カーテンガス: 30psi、イオンソースガス1と2: 60psi、コリジョンガス: 7psi、スキャン範囲: m/z 100-1000

2.5.3 データ解析

LC-MS装置で得られたデータの解析は、装置に付属するSCIEX OSソフトウェアver. 2.0((株) エービー・サイエックス)及びMarkerViewソフトウェアver. 1.3((株) エービー・サイエックス)で行った。

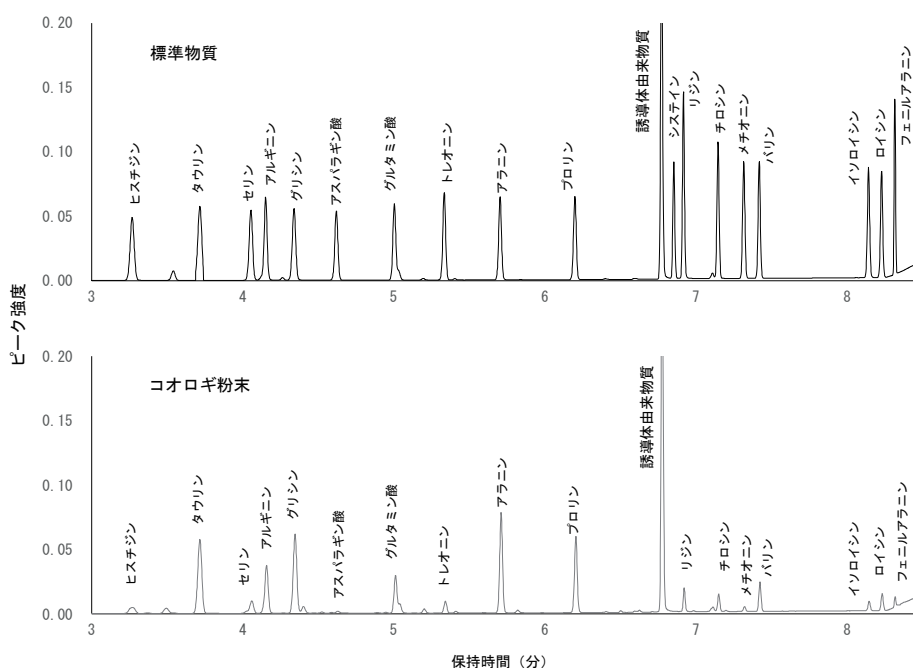


図1 UPLCシステムによるアミノ酸分析クロマトグラム

表1 コオロギ粉末熱水抽出物のアミノ酸量及び組成比

成分	試料						
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
タウリン	347 (16.5)	194 (10.0)	310 (16.5)	280 (15.9)	153 (9.0)	162 (10.2)	50 (14.5)
ヒスチジン	58 (2.8)	50 (2.6)	53 (2.8)	56 (3.2)	69 (4.1)	54 (3.4)	4 (1.2)
セリン	59 (2.8)	64 (3.3)	47 (2.5)	45 (2.6)	46 (2.7)	66 (4.2)	3 (0.9)
アルギニン	286 (13.6)	305 (15.7)	302 (16.1)	188 (10.7)	235 (13.9)	259 (16.4)	62 (18.0)
グリシン	220 (10.5)	175 (9.0)	201 (10.7)	167 (9.5)	184 (10.9)	148 (9.3)	33 (9.6)
アスパラギン酸	12 (0.6)	54 (2.8)	17 (0.9)	19 (1.1)	23 (1.4)	20 (1.3)	18 (5.2)
グルタミン酸	189 (9.0)	195 (10.)	156 (8.3)	162 (9.2)	187 (11.1)	140 (8.8)	49 (14.2)
スレオニン	43 (2.0)	41 (2.1)	38 (2.0)	37 (2.1)	33 (2.0)	28 (1.8)	12 (3.5)
アラニン	284 (13.5)	241 (12.4)	219 (11.6)	228 (12.9)	196 (11.6)	216 (13.6)	29 (8.4)
プロリン	279 (13.3)	222 (11.4)	251 (13.3)	242 (13.7)	242 (14.3)	201 (12.7)	33 (9.6)
リジン	51 (2.4)	64 (3.3)	48 (2.6)	45 (2.6)	56 (3.3)	63 (4.0)	12 (3.5)
チロシン	64 (3.0)	103 (5.3)	63 (3.4)	83 (4.7)	82 (4.9)	76 (4.8)	13 (3.8)
メチオニン	17 (0.8)	14 (0.7)	12 (0.6)	13 (0.7)	19 (1.1)	2 (0.1)	4 (1.2)
バリン	79 (3.8)	88 (4.5)	72 (3.8)	77 (4.4)	70 (4.2)	57 (3.6)	9 (2.6)
イソロイシン	32 (1.5)	38 (2.0)	27 (1.4)	33 (1.9)	25 (1.5)	26 (1.6)	5 (1.5)
ロイシン	58 (2.8)	72 (3.7)	47 (2.5)	67 (3.8)	51 (3.)	48 (3.0)	6 (1.7)
フェニルアラニン	24 (1.1)	22 (1.1)	19 (1.0)	22 (1.3)	17 (1.0)	18 (1.1)	2 (0.6)
総アミノ酸	2102	1942	1882	1764	1688	1584	344

※個別アミノ酸の上段の値及び総アミノ酸の単位はmg/100g

※個別アミノ酸の下段に示す括弧内の値は組成比(単位%)

2. 6 統計処理

Microsoft Excel 2016 を用いて行った。主成分分析については4steps エクセル統計(オーエムエス出版)を用いた。

3 結果及び考察

3. 1 アミノ酸

コオロギ粉末の熱水抽出物に含まれている遊離のアミノ酸をUPLC システムで分析した。クロマトグラムを確認すると、保持時間3分から8.5分の間に、標準アミノ酸H型に含まれている17種類のアミノ酸のピークを検出した(図1)。ヒスチジンとセリンの両ピークの間で、保持時間3.7分付近にアミノ酸の一種であるタウリンを検出した。堀田らはPITC

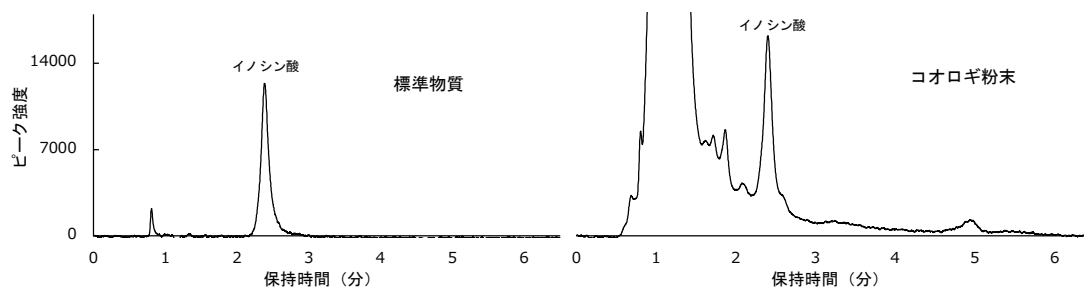


図2 X-LC システムによるイノシン酸分析クロマトグラム

(フェニルイソチオシアネート)誘導化法を用いて、フタホシココロギの超音波抽出物から各種アミノ酸とタウリンを検出し、それら成分量と食餌との関連について報告している¹⁰⁾。

標準物質のピーク面積と、各試料から得られたピーク面積とを用いて、アミノ酸量を算出した(表1)。各試料に含まれている個別のアミノ酸量については100g 当たり最小値が2mg、最大値が347mgであった。続いて各試料の総アミノ酸量(個別のアミノ酸量の総和)を算出した。試料No.1が最も高い総アミノ酸量(2102mg/100g)を示した。試料番号の順位に従って総アミノ酸量は低くなり、試料No.6は試料No.1の約75%の値(1584mg/100g)であった。最も低い値を示したNo.7については他の6試料よりも明らかに総アミノ酸量が低く、No.1の値の約16%(344mg/100g)であった。

各試料別にアミノ酸組成比(総アミノ酸量に占める個別のアミノ酸の割合を百分率で示したもの)を算出した(表1)。アミノ酸組成比が高い成分を調べたところ、7つの試料において9.0%以上を示す成分はタウリン、アルギニン、グリシン、プロリンの4成分であることが分かった。それぞれの組成比の平均値は13.2%、14.9%、9.9%、12.6%であった。グルタミン酸とアラニンについては一部の試料において9.0%未満ではあるものの、アミノ酸組成比が高い傾向にあり、組成比の平均値は10.1%と12.0%であっ

た。

他方でアミノ酸組成比が低いものを調べたところ、7つの試料で2.0%以下を示す成分はメチオニン、イソロイシン、フェニルアラニンであることが分かった。それらの組成比の平均値は0.7%、1.6%、1.0%であった。これらに次いでアミノ酸組成比が低いものを調べたところ、アスパラギン酸とスレオニンも低い傾向にあることが分かった。アスパラギン酸については7試料中の5試料が2.0%以下を示し、組成比平均値が1.9%であった。スレオニンについては7試料中4試料が2.0%以下、残り3つの内2つが2.1%であり、組成比平均値が2.2%であった。

3.2 イノシン酸

ココロギ粉末の熱水抽出物をX-LCシステムに注入し、各試料に含まれているイノシン酸を分析した。標準物質を注入したクロマトグラム上では、保持時間2.5分付近にイノシン酸のピークを検出した(図2)。試料のクロマトグラム上についても同様の保持時間でピークを確認した。

標準物質のピーク面積と各試料から得られたピーク面積とを用いてイノシン酸量を算出した。各試料の分析結果を図3に示す。最大値を示した試料はNo.2であり、119mg/100gであった。No.2とNo.7を除く試料については29.1~107mg/100gの値を示した。試料No.7については0.5mg/100gであり、他の

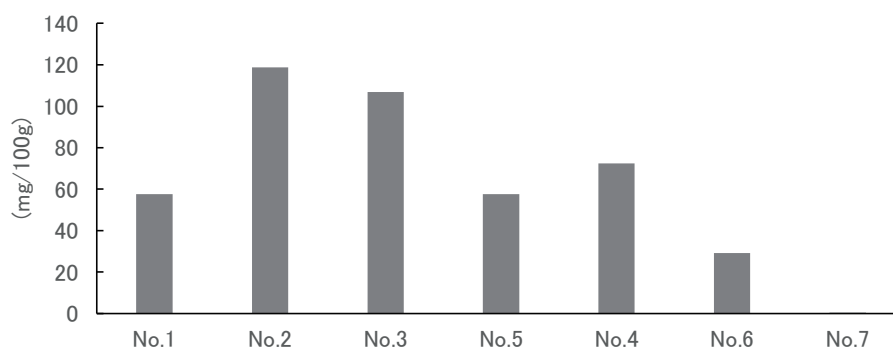


図3 ココロギ粉末熱水抽出物のイノシン酸

6つの試料に比べて著しく低い値を示した。

7つの試料の総アミノ酸量とイノシン酸量との間の関係性を調べるために相関係数を算出したところ、 $r=0.742$ であった。一見して相関が高いという印象を受けたものの、続いて他の試料に比べて両値が明らかに低いNo. 7を除いて、6つの試料のデータを用いて相関係数を算出した。その結果、 $r=0.466$ であり、これら試料から得られた両値の間の相関は高くないことが分かった。

3.3 市販だしの比較

コオロギ粉末と比較するために、カツオ節又は煮干しを原料とする市販のダシ食材についても同様のアミノ酸分析とイノシン酸分析を行った。

総アミノ酸量についてはカツオ節が3066mg/100g、煮干しが1047mg/100gであった。コオロギ粉末は総アミノ酸量がNo. 7を除いて1584~2102mg/100gであり、煮干しよりは高く、カツオ節よりは低い含量

であることが分かった。

市販ダシについてもアミノ酸組成比を算出し、コオロギ粉末の組成比平均値と比較した(図4)。カツオ節についてはタウリン、ヒスチジン、アルギニンが他の成分に比べて組成比が高い傾向にあり、特にヒスチジンが特に高い値(62.4%)を示すことが特徴的である。一方、煮干しについてはタウリン、ヒスチジン、グルタミン酸、アラニンが他の成分に比べて高い値を示す傾向にあった。カツオ節程ではないものの、ヒスチジンが高い値(23.3%)を示していた。

上述の通り、コオロギ粉末はタウリン、アルギニン、グリシン、プロリン、グルタミン酸、アラニンの組成比が他のアミノ酸よりも高い傾向にある。こうした傾向はタウリン、グルタミン酸、アラニンが高い組成比を示す煮干しの方がカツオ節よりも類似していると考えられる。一方でヒスチジンのアミノ酸組成比において、コオロギ粉末は特に高いことはなく、カツオ節や煮干しとは傾向が明らかに異なることが

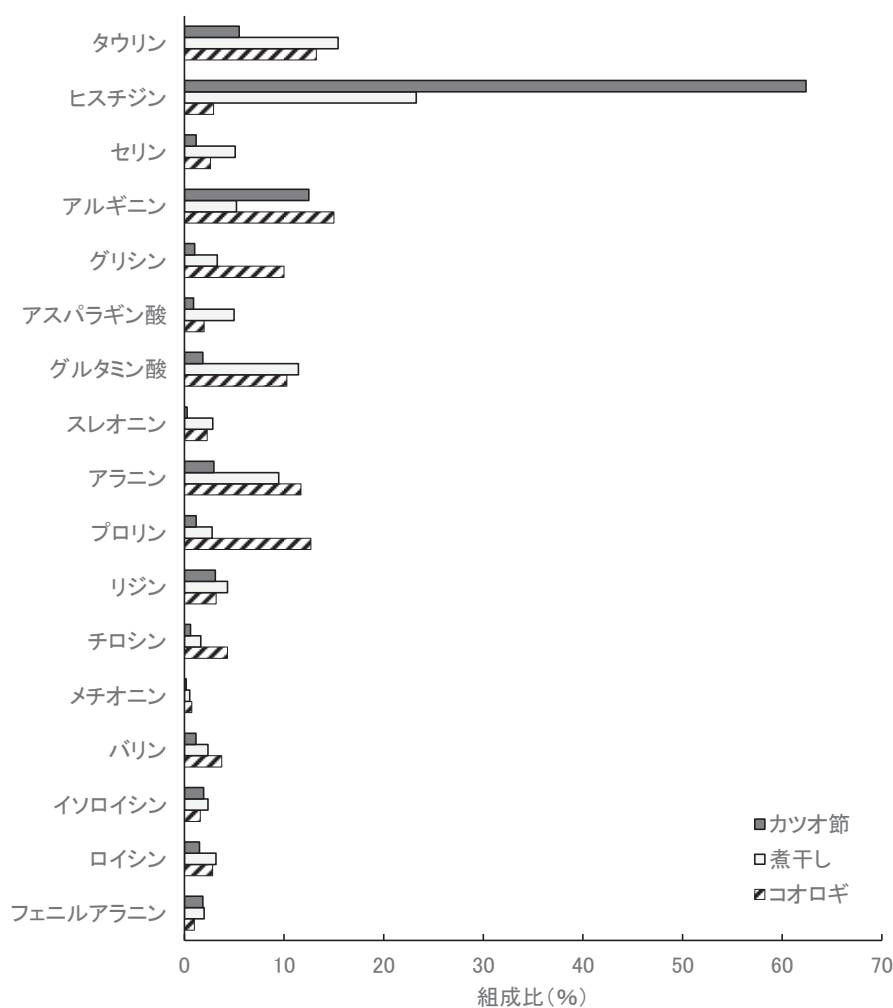


図4 コオロギ粉末とダシ食材のアミノ酸組成比

分かった。

イノシン酸含量を分析したところ、100g 当たりカツオ節は 445mg、煮干しは 377mg であった。コオロギ粉末のイノシン酸量の平均値は 100g 当たり 63.2 mg であり、特に低い値を示す No. 7 を除いても 73.7 mg である。この値は煮干しの約 1/5、カツオ節の約 1/6 である。イノシン酸はアミノ酸との相乗効果に

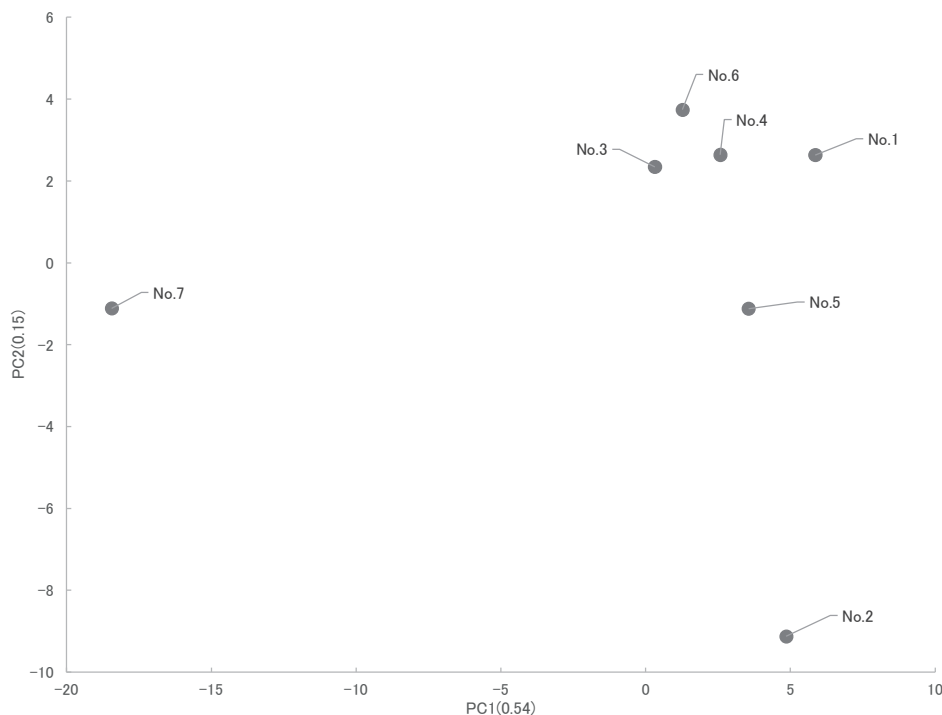


図5 コオロギ粉末熱水抽出物の LC-MS 解析データの PCA プロット

よって、その食品の旨味を強化することが知られている¹¹⁾。コオロギ粉末は煮干しに比べてアミノ酸を多く含んでいるものの、イノシン酸が少ないためにそうした相乗効果が弱く、旨味の官能的な強度も低いことが示唆される。

3. 4 ノンターゲット分析結果の主成分分析

コオロギ粉末の熱水抽出物を LC-MS システムに注入し、ノンターゲット分析を実施後、ライブラリを用いて解析した。解析データを主成分分析した結果については図5に示す。第1主成分 (PC1) の寄与率は 0.54、第2主成分 (PC2) の寄与率は 0.15 であり、累積寄与率は 0.69 であった。

試料 No. 7 はアミノ酸量とイノシン酸量がともに他の試料よりも明らかに低い値を示していたことから、LC-MS システムによる解析においても類似の傾向が得られることが予想された。主成分分析結果を見ると、PC1 の負の方向には試料 No. 7 のみ、正方向にはその他試料が集まっていた。予想した通りに試

料 No. 7 とその他の集合とに区分されることを確認した。

PC1 の正の方向に集まっていた試料グループを見ると、No. 2 だけが PC2 の負の方向に、その他試料が正方向に集まっていた。アミノ酸量とイノシン酸量からは予想できなかったが、このグループの試料間でも特徴がいくらか異なっていることが示唆される。

ところで本研究で用いた試料 No. 6 がフタホシコオロギ、その他試料はイエコオロギを原料とする。試料 No. 6 は PC1 と PC2 がともに正方向に集まるグループに属していたため、本研究データからはコオロギ種の違いによる差異を調べることは困難であると判断した。

次にローディングプロットを確認し、No. 7 以外の試料間の特徴を調べることにした (図6)。プロット上にはライブラリ検索で検出された成分が PC1 の正側で縦方向に並んでいる。PC2 の正方向で因子負荷量の高いものを調べると、リンゴ酸、クエン酸といった有機酸、水溶性ビタミンの一種であるニコチン酸、芳香族化合物経路の中間体であるシキミ酸、旨味成分のひとつであるイノシンを確認できた。また、アセチルカルニチン、ピロピオニルカルニチン、カルニチンといったカルニチン関連成分も確認した。以上のような成分が PC1 の正方向に集合した試料グループ内で食品化学的な特性に関連するものと推察する。

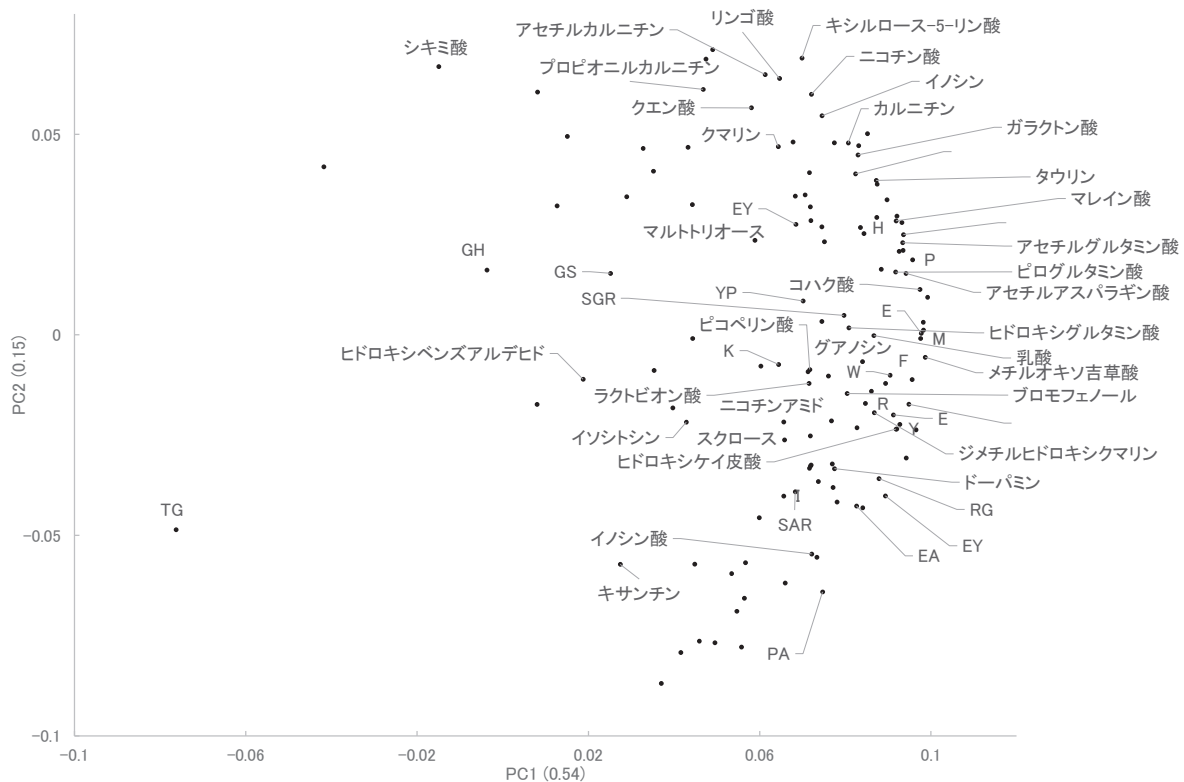


図6 コオロギ粉末熱水抽出物のLC-MS解析データのPCAローディングプロット

アルファベットはアミノ酸の略記であり、2文字又は3文字はペプチドを示す。

谷亀らはLC-MSを用いてエビ、きな粉、カイコ、バタ、イエコオロギを解析したところ、イエコオロギに含まれている特徴的な成分はイノシン、カルニチン、アセチルカルニチンであることを報告している¹²⁾。イノシンは旨味成分であるとともに、抗炎症作用を示す成分としても知られている¹³⁾。またカルニチンの関連成分は脂肪の代謝に有効な成分であり、サプリメントとしても販売されている¹⁴⁾。同様の成分は本研究で用いた試料からも検出され、主成分分析において因子負荷量が高かったことから、食品化学的な特性に関連する有用な成分であることが示唆された。

食用コオロギは新たなタンパク質源としての注目度が高く、上で示したような生体調節機能が期待される特徴的な有用成分を含んでいる。一方、甲殻類と類似のアレルゲンを有する点について懸念があるものの¹⁵⁾、有用な成分に着目すれば、付加価値のある食材として新たな受容を促すことが期待される。

4 まとめ

コオロギ粉末の熱水抽出物を調製し、各種分析に供試した。個別のアミノ酸量は100g当たり2~347mgであった。総アミノ酸量は100g当たり344~2102mg

であった。アミノ組成比の高い成分はタウリン、アルギニン、グリシン、プロリン、グルタミン酸、アラニンであり、低い成分はメチオニン、ロイシン、フェニルアラニン、アスパラギン酸、スレオニンであった。イノシン酸量は0.5~119mg/100gであった。カツオ節や煮干しといったダシ食材と比較したところ、コオロギ粉末はアミノ酸を煮干しよりも多く含み、ヒスチジン組成比とイノシン酸量は両食材よりも低かった。LC-MS解析を行った結果、いくつかの特徴的な成分を検出した。イノシンやカルニチン関連成分は生体調節機能が期待されるものであり、試料の特性にも影響していることが示唆された。

参考文献

- 1) Food and Agriculture Organization
<https://www.fao.org/4/i3253e/i3253e.pdf>
- 2) 農林水産省：<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/sosyutu/attach/pdf/meguji.pdf>
- 3) 広岡博之：日畜会報、94(1)、(2023) 1-13
- 4) 大野正博ら：山口県立大学学術情報、15、(2022) 25-33
- 5) 西岡ゆかりら：国際研究論議、34(2)、(2021) 1-12

- 6) 塩谷亜希子ら:大手前大学「食糧・栄養と健康」、
5、(2025) 13-19
- 7) 大阪府立環境農林水産総合研究所 :
[https://www.knsk-osaka.jp/_files/
00154758/cricket_guideline_20220722.pdf](https://www.knsk-osaka.jp/_files/00154758/cricket_guideline_20220722.pdf)
- 8) 元木庸介ら:心理学研究、92(1)、(2021) 52-67
- 9) 森山洋憲、松本泰典:食科工、59(10)、(2012)
515-521
- 10) 堀田拓馬ら:福井県立大学論集、60、(2024)
109-115
- 11) 二宮くみ子:薬学誌、136(10)、(2016) 1327-
1334
- 12) 谷亀麻衣ら:分析化学、73(6)、(2024) 319-327
- 13) Yue Zhang et al. : Immunobiology、229、
(2024) 1-8
- 14) 安藤進: J. Lipid Nutr.、19(1)、(2010) 19-
23
- 15) 簗島宗夫ら:アレルギー、72(10)、(2023) 1258-
1262

土佐酒の輸出拡大に向けた市販清酒の成分分析と解析

下藤 悟 甫木 嘉朗 土居 睦卓 岡本 佳乃 加藤 麗奈
森山 洋憲 上東 治彦*

Component Analyses and Cluster analysis of Commercially Available Sake to Promote Export of Tosa sake

Satoru SHIMOFUJI Yoshiro HOKI Tomotaka DOI Yoshino OKAMOTO Reina KATO
Hironori MORIYAMA Haruhiko UEHIGASHI*

高知県内の清酒会社が製造した清酒（県内清酒）147品、高知県外の清酒会社が製造した清酒（県外清酒）81品、海外の清酒会社が製造した清酒（海外清酒）28品、合計256品を用いて、清酒における一般的な品質指標（酸度、アミノ酸度、グルコース濃度(Glucose)）及び香気成分の量(アセトアルデヒド(AA)、酢酸エチル(EtAc)、n-プロピルアルコール(nPrOH)、イソブチルアルコール(iBuOH)、酢酸イソアミル(iAmAc)、イソアミルアルコール(iAmOH)、カプロン酸エチル(EtCapr)、カプリル酸エチル(EtCap1)、カプロン酸(Capr))について分析を行った。そのうち、清酒の香味に寄与する主要な成分として酸度、アミノ酸度、Glucose、iAmAc、EtCaprを対象とし、標準化した値を用いて階層的クラスタリング(ward法)によって清酒を分類した結果から、高知県の市販酒の分布の現況に関する知見を得ることができた。

1 まえがき

高知県の製成数量20度換算の3,800kLのうち、特定名称酒は2,848kL(75%)を占め¹⁾、特定名称酒の製造が盛んである。また、高知県には酸組成や吟醸香に特徴をもって開発された清酒酵母「高知酵母」が20種類以上存在する。当センターから県内清酒会社にむけて、年間で250件程度の配布があり、各清酒会社が狙った酒質に合わせて使い分けている。そうした現状の中、当センターではさらなる土佐酒の需要拡大、輸出拡大を目的とし、新規酵母の開発や醸酒結果のモデル化による販売促進の研究を進めている。

県内清酒会社が製造した清酒や、新規開発酵母を使用した清酒がどのような特徴を持つかは成分値によって定量的に判断できるが、それが清酒市場全体としてどのような位置づけにあるのかを推定するためには、現在流通している市販清酒の特徴についても主要な成分の分布を把握しておく必要がある。

そこで、清酒の特徴分布に関する知見を得ることを本研究の目的とし、2022年から2024年までに当センターが収集した清酒の成分を分析して得られた結果について解析を行った。

なお、本報告での知見、考察は今回収集した試料の範囲でのものとなる。

* 高知県酒造組合

2 実験方法

2.1 試料

試料には、2022年に入手した高知県内の清酒会社が製造した清酒（県内清酒）147品、2023年に入手した高知県外の清酒会社が製造した清酒（県外清酒）81品、2024年に入手した海外の清酒会社が製造した清酒（海外清酒）28品、合計256品を用いた。試料の内訳は表1のとおりである。

2.2 清酒の成分分析

主要な成分として、清酒における一般的な品質指標（酸度、アミノ酸度、グルコース濃度(Glucose)）及び香気成分の量(アセトアルデヒド(AA)、酢酸エチル(EtAc)、n-プロピルアルコール(nPrOH)、イソブチルアルコール(iBuOH)、酢酸イソアミル(iAmAc)、イソアミルアルコール(iAmOH)、カプロン酸エチル(EtCapr)、カプリル酸エチル(EtCap1)、カプロン酸(Capr))について分析を行った。酸度、アミノ酸度は国税庁所定分析法²⁾に従って測定した。GlucoseはグルコースCII-テストワコー（富士フィルム和光純薬株式会社製）を用いて測定した。香気成分は吉沢

表1 収集した清酒の内訳 特定名称による分類

	県内清酒	県外清酒	海外清酒	すべて
純米酒	51	24	-	75
純米吟醸酒	46	23	-	69
純米大吟醸酒	49	17	-	66
その他	1	6	28	35
合計	147	81	28	256

らの方法³⁾に従ってヘッドスペースガスクロマトグラフィー(アジレント・テクノロジー株式会社製)を用いたヘッドスペース法により測定した。

2.3 統計解析方法

統計解析はMicrosoft Excel 2016 及び R (version 3.53, <https://www.r-project.org/>)を用いた。

2.3.1 クラスタ分析と主成分分析

清酒の成分分析結果のうち、清酒の香味に寄与する主要な成分として酸度、アミノ酸度、Glucose、iAmAc、EtCaprを対象とし、標準化した値を用いて階層的クラスタリング(ward法)に

よって分類した。最小クラスター数(2)から最大クラスター数(256)まで分類した結果から最大クラスターに含まれる試料数を算出し、分類に採用するクラスター数について考察した。

その結果に基づいて得られたクラスターごとに、成分分析の結果の平均値を算出し、各クラスターの特徴とした。

さらに、各クラスターの平均値の分布について可視化するために主成分分析を行った。

3 結果及び考察

3.1 分析結果

3.1.1 分析結果の概要

清酒の成分分析の結果を表2、表3に示す。県

表2 清酒の成分分析結果 平均値のみ抜粋

種類	種別	数	酸度	アミノ酸度	Glucose	AA	EtAc	nPrOH	iBuOH	iAmAc	iAmOH	EtCapr	EtCapl	Capr
県内清酒	純米酒	51	1.65	0.97	1.27	21.17	68.53	51.98	50.42	2.90	135.92	1.94	0.48	10.28
	純米吟醸酒	46	1.66	1.00	1.61	24.64	67.88	48.55	41.30	3.05	117.55	3.09	0.62	20.26
	純米大吟醸酒	49	1.60	0.89	2.22	27.16	65.02	43.98	37.37	2.72	112.27	5.21	1.02	29.70
	その他	1	1.55	1.05	1.35	16.80	76.84	46.62	56.53	5.67	138.62	0.56	0.18	3.86
	すべて	147	1.63	0.95	1.69	24.22	67.21	48.20	43.26	2.91	122.31	3.38	0.70	19.83
県外清酒	純米酒	24	1.72	1.17	1.67	23.66	60.40	58.09	47.65	2.53	126.86	1.72	0.57	9.27
	純米吟醸酒	23	1.42	1.06	1.89	25.08	64.16	63.60	43.66	2.81	123.94	2.26	0.61	14.78
	純米大吟醸酒	17	1.36	1.04	1.87	26.04	57.97	56.02	38.36	2.24	123.93	4.04	0.74	22.82
	その他	6	1.10	0.87	1.57	25.22	48.79	50.42	35.05	2.17	100.92	4.27	0.61	16.73
	すべて	81	1.44	1.07	1.78	24.91	59.15	58.02	42.38	2.51	120.13	2.58	0.60	15.19
海外清酒	すべて	28	1.86	2.01	2.12	32.79	50.78	76.35	75.85	2.43	156.94	1.43	0.31	14.17
全体		786	1.45	0.97	1.88	27.84	61.09	58.17	41.76	2.69	126.20	4.36	1.00	25.38

表3 清酒の成分分析結果

	県内清酒 n=147					県外清酒 n=81				
	mean	S.D.	min	max	cv	mean	S.D.	min	max	cv
水溶性成分										
酸度 (mL)	1.63 ±	0.24	1.10	3.16	0.15	1.44 ±	0.52	0.94	4.75	0.36
アミノ酸度 (mL)	0.95 ±	0.24	0.53	1.67	0.25	1.07 ±	0.32	0.50	2.02	0.30
Glucose (%)	1.69 ±	0.87	0.37	3.93	0.51	1.78 ±	0.77	0.56	3.62	0.43
香気成分										
AA (ppm)	24.22 ±	8.29	1.15	47.01	0.34	24.91 ±	7.55	12.61	47.81	0.30
EtAc (ppm)	67.21 ±	18.97	18.61	109.34	0.28	59.15 ±	15.62	19.72	96.43	0.26
nPrOH (ppm)	48.20 ±	11.60	23.84	78.80	0.24	58.02 ±	14.54	29.92	103.85	0.25
iBuOH (ppm)	43.26 ±	10.67	23.67	85.69	0.25	42.38 ±	9.95	19.85	78.08	0.23
iAmAc (ppm)	2.91 ±	1.54	0.29	7.70	0.53	2.51 ±	1.06	0.45	5.45	0.42
iAmOH (ppm)	122.31 ±	20.15	78.37	193.37	0.16	120.13 ±	20.55	78.14	224.27	0.17
EtCapr (ppm)	3.38 ±	2.97	0.11	12.85	0.88	2.58 ±	2.55	0.14	15.41	0.99
EtCapl (ppm)	0.70 ±	0.42	0.00	1.82	0.60	0.60 ±	0.38	0.00	1.52	0.63
Capr (ppm)	19.83 ±	20.45	0.00	129.75	1.03	24.91 ±	7.55	12.61	47.81	0.30

	海外清酒 n=28					すべて n=256				
	mean	S.D.	min	max	cv	mean	S.D.	min	max	cv
水溶性成分										
酸度	1.86 ±	0.67	1.13	3.62	0.36	1.60 ±	0.43	0.94	4.75	0.27
アミノ酸度	2.01 ±	0.82	1.00	4.48	0.41	1.10 ±	0.49	0.50	4.48	0.44
Glucose	2.12 ±	1.03	0.62	3.69	0.49	1.77 ±	0.86	0.37	3.93	0.49
香気成分										
AA	32.79 ±	10.89	9.04	58.40	0.33	25.38 ±	8.76	1.15	58.40	0.35
EtAc	50.77 ±	16.67	26.22	100.02	0.33	62.86 ±	18.53	18.61	109.34	0.29
nPrOH	76.35 ±	32.28	36.29	153.82	0.42	54.39 ±	18.25	23.84	153.82	0.34
iBuOH	75.85 ±	61.95	18.03	268.09	0.82	46.54 ±	24.67	18.03	268.09	0.53
iAmAc	2.43 ±	1.63	0.96	6.53	0.67	2.73 ±	1.43	0.29	7.70	0.52
iAmOH	156.93 ±	58.58	71.82	286.99	0.37	125.41 ±	29.19	71.82	286.99	0.23
EtCapr	1.43 ±	1.90	0.09	8.74	1.33	2.91 ±	2.81	0.09	15.41	0.96
EtCapl	0.31 ±	0.34	0.00	1.31	1.11	0.63 ±	0.42	0.00	1.82	0.66
Capr	32.79 ±	10.89	9.04	58.40	0.33	17.74 ±	17.77	0.00	129.75	1.00

: 変動係数 (cv) = 標準偏差(S.D.) / 平均値(mean)

内清酒の特徴として酸度、iAmAc、EtCaprの平均値に着目すると酸度: 1.63、iAmAc: 2.91、Etcapr: 3.38であり、県外清酒の平均値(酸度: 1.44、iAmAc: 2.51、Etcapr: 2.58)や全国市販酒類調査結果令和5年度調査分⁴⁾(酸度: 1.46(純米酒平均値)、iAmAc: 1.76、Etcapr: 3.80(ともに吟醸酒平均値))と比較すると高い傾向であった。参考データではあるが、2014年から2024年までの県内清酒677品のデータの平均値でも酸度: 1.57、iAmAc: 3.23、Etcapr: 3.78と高く、高知酵母の特徴である酸組成や吟醸香が県内清酒の特徴として表れていると考えられる。

一方、今回収集、分析した海外清酒は水溶性成分および香気成分ともに平均値が高く、ばら

つきが大きい傾向があった。海外市場で流通する際に競合する品質として、地域性や嗜好性を見極める必要がある。

3. 1. 2 清酒成分のクラスター分析結果

クラスター分析では、対象をいくつに分類すればよいかは明示されていない。そのため、まずは分類するクラスター数の妥当性を検証する必要がある。今回は、クラスター数を増やしていったときに最大クラスターに含まれる試料数の推移を比較することで、分類するクラスター数の考察を行った。最大クラスターに含まれる試料数の推移を図1に示す。クラスター数が増えることで、最大クラスターに含まれる試料数

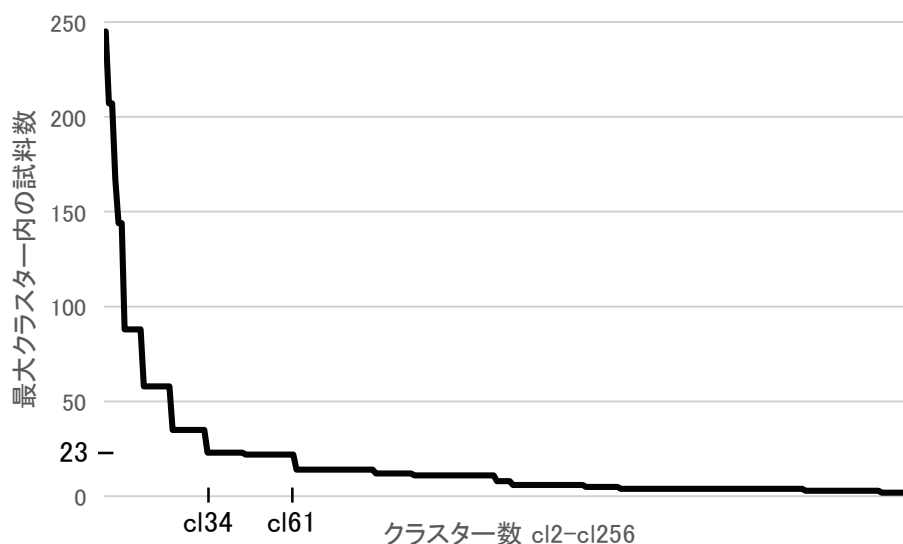


図1 清酒の香味に寄与する主要な成分に対してクラスター分析を行った結果
クラスター数を増やした時の最大クラスターに含まれる試料数の推移

表4 清酒の香味に寄与する主要な成分に対してクラスター分析を行った結果
各クラスターに含まれる試料の割合と成分の平均値

CL	試料数	県内清酒 の数(割合)	県外清酒 の数(割合)	海外清酒の 数(割合)	酸度 (mL)	アミノ 酸度 (mL)	Glucose (%)	iAmAc (ppm)	EtCapr (ppm)
1	19	18 (95%)	1 (5%)	0 (0%)	1.59	0.79	1.06	4.66	2.25
2	9	6 (67%)	3 (33%)	0 (0%)	1.56	0.96	1.59	3.48	4.03
3	8	3 (38%)	5 (63%)	0 (0%)	1.35	0.77	1.99	2.07	5.01
4	10	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1.81	0.85	0.93	1.64	5.34
5	23	23 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1.70	0.81	1.08	1.94	1.38
6	22	13 (59%)	9 (41%)	0 (0%)	1.46	0.86	1.01	2.78	1.32
7	10	8 (80%)	2 (20%)	0 (0%)	1.34	0.93	1.03	2.17	5.06
8	11	5 (45%)	2 (18%)	4 (36%)	1.87	1.62	2.39	1.93	1.10
9	14	11 (79%)	3 (21%)	0 (0%)	1.72	1.03	2.37	5.37	1.38
10	3	3 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1.73	0.82	1.35	6.91	2.16
11	3	1 (33%)	2 (67%)	0 (0%)	1.74	1.63	3.17	5.92	1.37
12	4	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1.66	1.16	3.74	1.91	11.69
13	3	2 (67%)	1 (33%)	0 (0%)	1.64	0.92	3.18	3.47	2.11
14	16	4 (25%)	12 (75%)	0 (0%)	1.37	0.81	2.23	2.85	1.89
15	6	2 (33%)	3 (50%)	1 (17%)	1.33	1.13	3.24	2.18	4.56
16	5	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1.56	0.95	2.53	1.64	10.69
17	5	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1.69	0.90	2.30	4.57	7.11
18	3	3 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1.93	1.18	2.37	2.48	6.97
19	12	5 (42%)	5 (42%)	2 (17%)	1.66	1.37	1.03	1.92	0.80
20	14	6 (43%)	7 (50%)	1 (7%)	1.35	0.96	2.95	1.80	7.33
21	13	3 (23%)	10 (77%)	0 (0%)	1.42	1.15	1.51	2.98	1.26
22	7	5 (71%)	0 (0%)	2 (29%)	1.42	1.48	2.18	0.95	1.78
23	1	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	3.16	1.67	1.85	1.50	10.35
24	18	1 (6%)	12 (67%)	5 (28%)	1.17	1.14	1.11	1.41	0.98
25	1	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	1.01	0.86	1.22	1.60	15.41
26	1	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	4.75	1.86	3.62	0.83	0.49
27	1	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	3.93	1.18	2.44	1.46	2.23
28	4	0 (0%)	1 (25%)	3 (75%)	1.67	2.28	1.62	1.48	1.13
29	2	0 (0%)	0 (0%)	2 (100%)	2.42	2.04	3.19	2.83	0.35
30	1	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	1.56	2.38	3.52	1.14	5.10
31	1	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	1.31	1.92	0.71	6.42	0.46
32	2	0 (0%)	0 (0%)	2 (100%)	2.01	3.21	1.95	5.43	0.30
33	1	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	2.69	4.48	2.88	6.53	0.40
34	3	0 (0%)	0 (0%)	3 (100%)	3.35	2.77	3.25	2.43	0.14

表5 各クラスターの平均値についての主成分分析結果

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Standard deviation	1.377	1.195	0.871	0.687	0.667
Proportion of Variance	0.379	0.286	0.152	0.094	0.089
Cumulative Proportion	38%	66%	82%	91%	100%

表6 各クラスターの平均値についての主成分分析の結果得られた因子負荷量

	PC1	PC2
酸度	0.521	-0.339
アミノ酸度	0.601	0.086
Glucose	0.400	-0.496
iAmAc	0.205	0.642
EtCapr	-0.408	-0.469

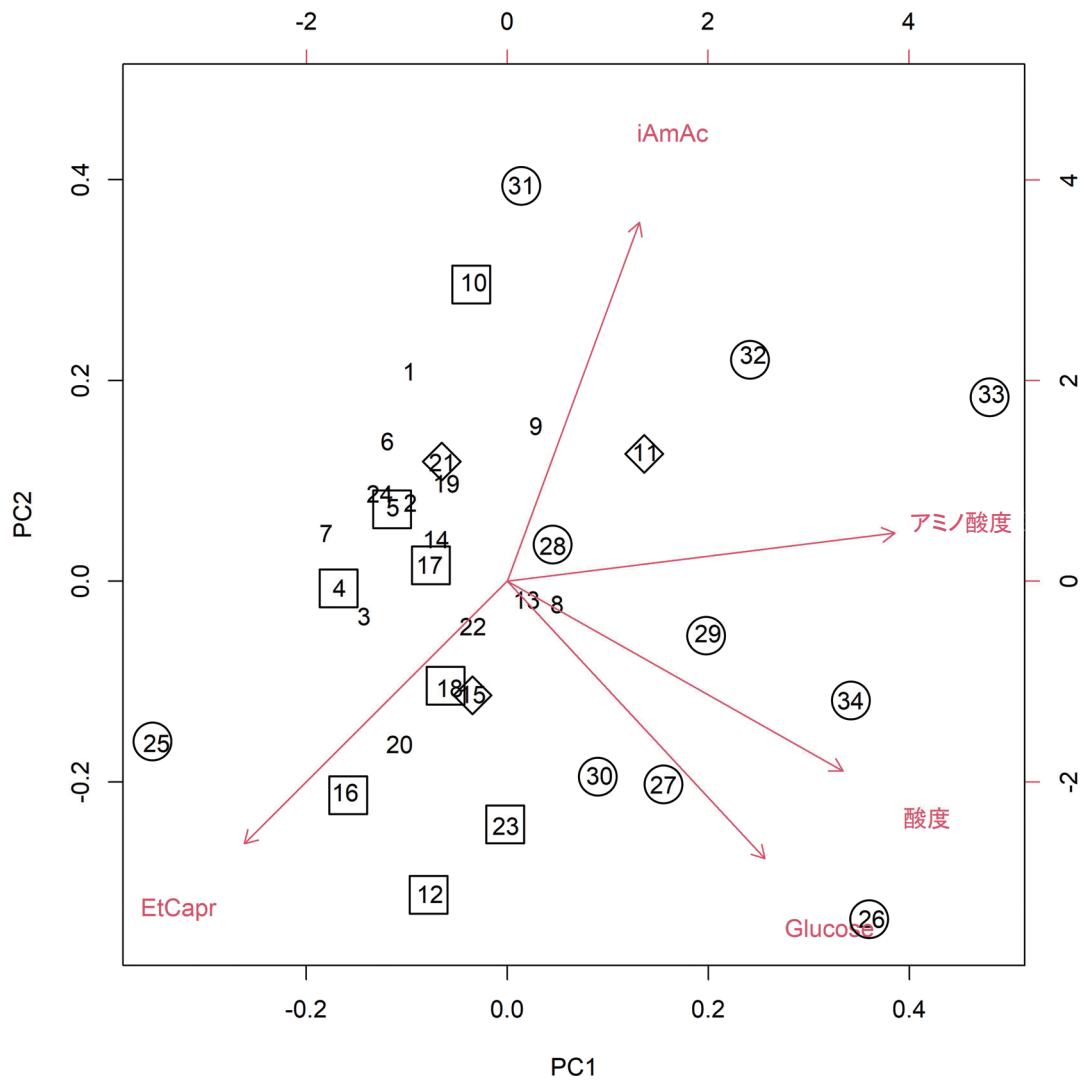


図2 クラスターの平均値の主成分分析結果

- : 県内清酒割合が⁸100%のクラスター
- ◇: 県内清酒割合が⁸33%以下のクラスター
- : 県内清酒割合が⁸0%のクラスター

は減少していく。クラスター数が34から45のとき最大クラスターに含まれる試料数は23であり、クラスター数が61まで最大クラスターに含まれる試料数22と一定である。県内で流通している酵母およびそれらを組み合わせた際の数を参考にクラスター数を34とした。試料を34のクラスターに分類した際の各クラスターの平均値を表4に示す。各クラスターの特徴から、市販酒の現況がうかがえる。今後の研究では、これらの成分値に基づいて、モデリングのための官能評価を行う際の対象試料の選定と調製を行う。

各クラスターの平均値をもとに主成分分析を行った結果を表5に示す。主成分分析の結果、第2主成分までが標準偏差1以上のため、第1主成分と第2主成分に着目した。因子負荷量を表6に示す。この結果から、第1主成分は水溶性成分全体の量で、第2主成分は香気成分のバランスで分類されていると考えられる。得られた第1主成分と第2主成分に基づいて、各クラスター図2に示す。今回用いた試料として県内清酒の試料数が多いことを考慮する必要はあるものの、県内清酒の割合が高いクラスターだけでなく、低いクラスターも確認された。特に県内清酒の割合が100%のクラスター内で各清酒会社の割合を調べたところ、特定の清酒会社が多いクラスターも見受けられた。地域的な特徴だけでなく清酒会社の特徴を表す指標として活用できると考えらえる。

また、今回のクラスターに分類されない特徴を持つ清酒は市場においても特異性が高いと考

えられる。こうした特異な清酒から得られた情報については、今後の酵母開発の際の参考データとして活用する予定である。

4 まとめ

高知県内、県外、海外で製造された清酒を調べたところ、高知県の市販酒の分布の現況に関する知見を得ることができた。

今後はこれまで蓄積してきたデータに加え、さらにデータの更新を行い、分析結果に基づいて新規酵母の開発や唎酒結果のモデル化を進めていく。

参考文献

- 1) 清酒の製造状況等について 令和5年度酒造年度分、国税庁、
<https://www.nta.go.jp/taxes/sake/shiori-gaikyo/seizojokyo/2023/pdf/001.pdf>
- 2) 国税庁所定分析法、国税庁、2023年1月、
<https://www.nta.go.jp/law/tsutatsu/kobetsu/sonota/070622/01.htm>、(参照2023.4.19)
- 3) 吉沢淑：醸造協会誌、68(1)、(1973)59-61
- 4) 全国市販酒類調査結果令和5年度調査分、国税庁
<https://www.nta.go.jp/taxes/sake/shiori-gaikyo/seibun/2024/pdf/001.pdf#page=1>
5.00

高知酵母の培養特性に関する研究（第1報）

糖資化性の評価とガラクトース資化性による CEL24 の簡易判別

甫木 嘉朗 土居 睦卓 岡本 佳乃 加藤 麗奈
荒木 鷹寧^{*1} 村川 太一^{*2} 村松 久司^{*3}

Studies on the Cultivation Characteristics of Kochi Sake Yeasts (Part I)

Carbon Source Utilization and Differentiation of the CEL24 Group Based on Galactose Utilization

Yoshiro HOKI Tomotaka Doi Yoshino OKAMOTO Reina KATOH
Takane ARAKI^{*1} Taichi MURAKAWA^{*2} Hisashi MURAMATSU^{*3}

本研究では、高知県が保有する清酒酵母（高知酵母）および既知の清酒酵母を対象に、各種糖資化性の違いを濁度測定によって評価した。原料の異なる酒類（清酒、ビール、ワイン）に対応する各種糖類（グルコース、フルクトース、マルトース、ガラクトース）を用いた改変培地を調製し、生育速度と糖資化傾向を明らかにした。その結果、多くの酵母がガラクトースを資化可能である中、CEL24 及び SCEL24 は顕著に低い資化性を示した。この特徴を利用することで、高価なセルレニンを用いずに CEL24 系統を簡易かつ安価に識別できる可能性が示された。

1 緒言

高知県では、独自に育種された多様な清酒酵母群を「高知酵母」として保有している。これまで高知酵母の特性評価は、清酒の小規模醸造試験や実地醸造といった並行複発酵という複雑な環境下で実施されてきた。しかし、こうした環境では多因子的な影響を受けるため、酵母自身の純粋な培養特性は未解明な部分が多い。

近年では、清酒だけでなく、ワインやビールなどへの応用も進んでおり、高知酵母の用途拡大が期待されている。そこで本研究では、高知酵母をライブラリー化し、特性を明らかにすることを目的とし、第一報として糖資化性に着目した結果を報告する。

清酒、ワイン、ビールなど各種酒類においては、原料に由来する糖の種類が異なる。清酒では麹菌の酵素によって米のでんぷんからグルコースが生成され、ワインなど果実酒では果汁に含まれるフルクトースやスクロース、ビールでは麦芽由来酵素によりマルトース類（マルトース、イソマルトース、マルトリオース、イソマルトリオース）が主に生成される。これら糖類の資化性を比較評価することで、各酵母の発酵力の違いや適用の推定が可能となる。また、単糖であるガラクトースは酵母菌株により資化性に差があることが報告されており¹⁾²⁾、本研究で

はガラクトース資化性の違いを利用した簡易識別法の可能性についても検討した。

2 実験方法

2.1 使用菌株

酒類総合研究所より分譲された清酒酵母および、高知県で使用されている清酒酵母を使用した (Table 1)。

2.2 使用培地

前培養には YPD 培地（グルコース 2%、ハイポリペプトン 1%、酵母エキス 2%）を使用した。糖資化性試験では、YPD 培地を対照に、YPD 培地の炭素源をフルクトース、マルトース、ガラクトースにそれぞれ置換した改変培地を用いた。

2.3 培養条件と濁度測定

スラント保存株よりディスポループで接種し、YPD 培地 3 mL にて 30°C で 24 時間培養を行った。得られた培養液を 50 μL 取り、再度 YPD で培養を行ったのち、糖改変培地に OD660 が 0.01 となるよう希釈して接種した。

濁度の評価はマイクロプレート（96 well）上でを行い、30°C で静置培養し、24 時間後に濁度（O. D. 660）を測定した。なお、マルトースを用いた培養は 72 時間、ガラクトースを用いた培養は 96 時間後の濁度まで測定した。

*1 高知大学大学院総合人間自然科学研究科

*2 高知大学農林海洋科学部

*3 高知大学教育研究部総合科学系生命環境医学部門

表1 使用菌株

酵母カテゴリー	酵母名
きょうかい 酵母	きょうかい1号
	きょうかい2号
	きょうかい3号
	きょうかい4号
	きょうかい5号
	きょうかい6号
	きょうかい7号
	きょうかい701
	きょうかい8号
	きょうかい9号
	きょうかい901
	きょうかい10号
	きょうかい11号
	きょうかい12号
きょうかい13号	
高知県で 使用されている 酵母	61KA1
	宇宙KA1-4
	61KA4
	クマモト低酸性
	H-21
	NS-101
	A-14
	宇宙A-14
	AA-41
	宇宙AA-41
	AC-17
	宇宙AC-17
	AC-26
	AC-31
	AC-85
	AC-95
	CEL-11
	宇宙CEL-11
	CEL-19
	宇宙CEL-19
	CEL-24 (R4)
	CEL-24 (H9)
	CEL-24 (H9) スラント
	SCEL-24
	CEL-66
	A-14-56
	A-14-180lp
	CEL-19-35lp
	深海KA1 ver3
	宇宙深海KA1 ver3
	深海クマモト低酸性 ver3
	深海H-21 ver3
	深海NS-101 ver3
	宇宙深海A-14 ver3
	宇宙深海AA-41 ver3
	深海K701 ver3
	深海AC-17 ver3
	宇宙深海AC-17 ver3
	深海AC-95 ver3
	宇宙深海CEL-11 ver3
	深海CEL-66 ver3
	宇宙深海CEL-19 ver3
	深海CEL-24 ver3
	深海K1801 ver3
	深海AC-26 ver3
	宇宙深海A-14 ver4
	宇宙深海AA-41 ver4
宇宙深海KA1 ver4	
深海クマモト低酸性 ver4	
深海A-14 ver4	
深海K701 ver4	
深海AC-26	

3 結果及び考察

各酵母における糖資化性は、24 時間または 72 時間、96 時間後の濁度測定により評価した。以下に各糖における代表的な傾向を示す。

3. 1 グルコース及びフルクトース資化性

グルコースはアルドヘキソースに分類される単糖であり、すべての酵母が 24 時間以内に濁度が増加した (Fig. 1)。

フルクトース (ケトヘキソース) についても、すべての酵母が資化能を示した (Fig. 1)。また、グルコースに比べて、濁度が 0.1~0.2 程度高い傾向があった。

以上のことから、当センターが保有する酵母はグルコースとフルクトースの資化能を普遍的に持っており、ワインなどの果実酒への適応が検討できる。

3. 2 マルトースの資化性

マルトース (グルコース 2 分子が α -1,4-グリコシド結合した二糖) について、酵母ごとに資化傾向にばらつきがあった (Fig. 2)。きょうかい 10 号、きょうかい 11 号、きょうかい 13 号、H21、NS101、宇宙 AC17、AC26、AC31、AC85、AC95、CEL11、宇宙 CEL11、CEL66、深海 H21 ver3、深海 NS101 ver3、深海 AC17 ver3、宇宙深海 AC17 ver3、深海 AC95 ver3、宇宙深海 CEL11 ver3、深海 CEL66 ver3、深海 AC26 ver3、深海 AC26 ver4 では資化不能な株が複数確認された。これはインペルターゼなどのマルトース資化関連酵素の活性有無によるものと考えられる。今後、イソマルトースなど他のマルトース類を評価することで、よりビールに適した酵母を選択できる可能性がある。

3. 3 ガラクトース資化性と CEL24 系統判別

ガラクトースはアルドヘキソースに分類される単糖である。72 時間目には、ほぼすべての酵母が資化能を示した (Fig. 3)。多くの酵母がガラクトースを資化可能であることから、乳糖を麹や酵素によりガラクトースに分解することで、乳糖を原料とした新規酒類の開発の可能性も示唆された。一方、きょうかい 6 号、クマモト低酸性、深海クマモト低酸性 ver3、深海クマモト低酸性 ver4、CEL24 (R4)、深海 CEL24 ver3、SCEL24 は資化能が低く、他の酵母との判別が可能であった。さらに、96 時間目に

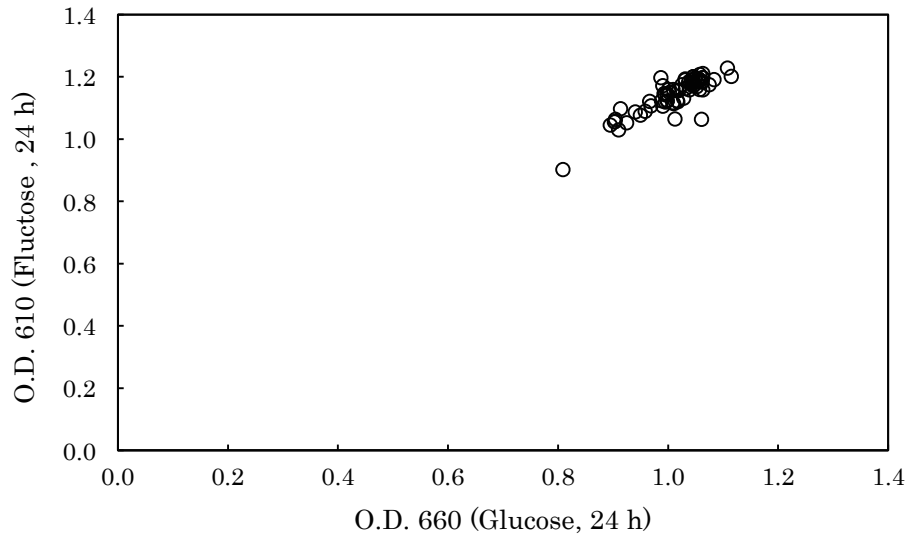


図 1 グルコースおよびフルクトースで 24 時間培養した濁度 (O.D. 660) の比較

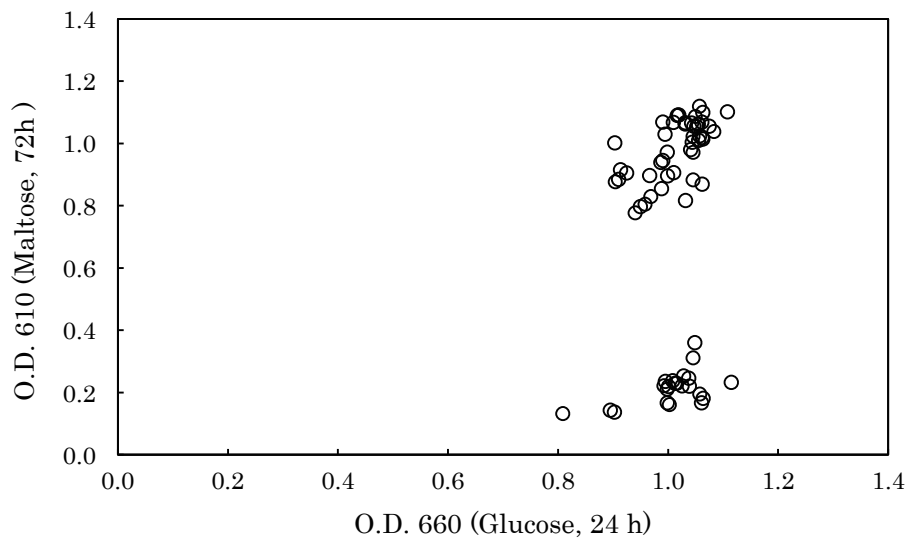


図 2 グルコースで 24 時間、マルトースで 72 時間培養した濁度 (O.D. 660) の比較

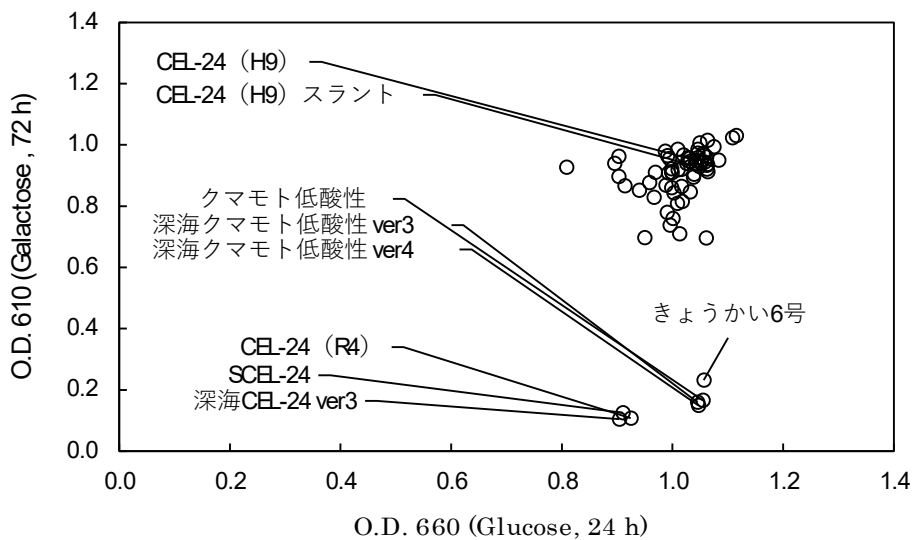


図 3 グルコースで 24 時間、ガラクトースで 72 時間培養した濁度 (O.D. 660) の比較

は、きょうかい6号、クマモト低酸性、深海クマモト低酸性 ver3、深海クマモト低酸性 ver4 の濁度が0.5以上を超えたのに対して、CEL24 (R4)、深海CEL24 ver3、SCEL24 は0.2程度の低い濁度のままであった。ガラクトース資化能がCEL24系統の表す特性と考えられる。なお、CEL24系統の1株であるCEL24 (H9) 及びスラントは、濁度が0.9程度とガラクトース資化能が高く、同じCEL24由来でありながら性質が異なることが確認された。CEL24 (H9) はCEL24 から派生した株であり、発酵特性の変化により配布中止された経緯がある。CEL24 は、セルレニン耐性を選抜指標とし、カプロン酸エチルを高生産する酵母として開発されたが³⁾、これまでの判別には高価なセルレニン培地が必要であった。今回の結果により、ガラクトース資化性という簡便な方法でCEL24の特性を維持した株を判別できる可能性がある。

4 まとめ

当センターの保有する清酒酵母について、糖資化性（グルコース、フルクトース、マルトース、ガラクトース）をウェルプレート上で培養し、濁度

(O.D. 660) によって評価した。グルコース、フルクトースは全酵母で資化能が確認され、果実酒へ適用できる可能性がある。マルトース資化性は酵母間差が大きく、ビールの適性について一次的な選抜ができた。ガラクトース資化性は大半の酵母で認められる一方、CEL24系統は低資化の傾向が明瞭で、ガラクトースを用いた簡易判別法の可能性が示唆された。

今後はイソマルトースなどのマルトース類の資化性やメタ重亜硫酸カリウムやホップ耐性、低pHの培養試験を行うことで、酵母間の特性や酒類製造の適性を明らかにする。

5 参考文献

- 1) 大内弘造ら：醸造協会誌、67(2)、(1972) 167-172
- 2) 池永裕ら：日本生物工学会大会講演要旨集66、(2014) 62
- 3) 上東治彦ら：醸造協会誌、94(1)、(1999) 63-71

酢酸イソアミル高含有土佐酒の開発（第1報）

イソアミルアルコールを低減した酢酸イソアミル高生産酵母の育種

土居 睦卓 甫木 嘉朗 岡本 佳乃 武市 幸代 加藤 麗奈

Research for the Development of Tosa Sake with High Content of Isoamyl Acetate (Part 1)

Breeding of Sake yeast with high isoamyl acetate productivity and low isoamyl alcohol productivity

Tomotaka DOI Yoshiro HOKI Yoshino OKAMOTO Sachiyo TAKECHI Reina KATOH

土佐酒の多様化と差別化にむけて、バナナ様の吟醸香である酢酸イソアミルを高濃度に含む新たな土佐酒の開発が望まれている。本報では、高知酵母CEL24の対となるような酢酸イソアミルを高生産しながらもイソアミルアルコールを低減した新規酵母の育種について報告する。最終的に、3段階の選抜試験を経て2種の新規酵母を選抜し、それぞれを高知酵母AT10と高知酵母AT16と名付けた。また、AT16については令和6酒造年度に高知酵母AA41との混合仕込みによる実地醸造が行われた。令和7酒造年度も引き続き、県内の酒造場での使用が予定されており、土佐酒の多様化と差別化への貢献が期待される。

1 まえがき

土佐酒の販路を拡大していくうえで、他県や国外の清酒との差別化が重要となる。中でも香味の個性は、商品の特徴を伝える要素であり、酵母育種はその差別化を実現する有効な手段である。高知県ではこれまで、清酒の香気成分、とりわけ吟醸香に着目し、多様な高知酵母の育種を行ってきた。

吟醸香とは、清酒中に生じる果実様の芳香であり、カプロン酸エチルや酢酸イソアミルといった成分が代表的である。カプロン酸エチルはリンゴやパイナップルのような香りを、酢酸イソアミルはバナナやメロンのような香りを呈し、いずれも吟醸酒に求められる華やかな香気に寄与する。

これまで開発した酵母のうち、カプロン酸エチルを20mg/L以上生成する高知酵母CEL24¹⁾は、全国的にも珍しい酵母として注目されている。華やかな吟醸香を際立たせるその特性は、他地域との差別化に大きく寄与している。一方、酢酸イソアミルについては、約9mg/Lの生成能を持つ高知酵母AA41¹⁾が育種され、県内の多数の酒造会社で使用されており、実用性の高い酵母として評価を得ている。しかし、近年ではCEL24のようにより多く酢酸イソアミルの香りを出したいという要望が現場から寄せられている。

酢酸イソアミルの生成機構としては、酵母が前駆体であるイソアミルアルコールを生成し、それがアルコールアセチルトランスフェラーゼ(AATFase)

によりアセチル化されることで生成される。また、イソアミルアルコールや、その酸化生成物であるイ

ソバレルアルデヒドはオフフレーバーの要因となり、これらなるべく低濃度に抑えることが必要となる²⁾。ゆえに、実用的な酢酸イソアミルを高生産する酵母を育種する上で、イソアミルアルコールの高い生産性と高いAATFase活性の両方が必要不可欠となる。

酢酸イソアミルの生成量を向上させる研究として、ロイシンアナログである5,5,5-トリフルオロ-DL-ロイシンを用いてイソアミルアルコールの高生産化に取り組んだものや、イミダゾール系抗真菌薬の一種であるエコナゾールやプロホルモンの一種であるプレグネロンを用いてAATFaseの高活性化に取り組んだものが報告されている²⁾⁻⁴⁾。

本報では、酢酸イソアミルを20mg/L以上生成する酵母の育種を目的とし、きょうかい酵母[®]及び当県が保有する高知酵母をロイシンアナログや抗生剤が含まれた液体培地で培養し、生育してきた酵母を単離、選抜した結果を報告する。

2 実験方法

2.1 供試菌株

きょうかい酵母[®]より701号(K701)、9号(K9)の2株、高知酵母よりA14、AA41、CEL66、AC31、TFL6、TFL10、TFL18の7株、計9株を用いた。

2.2 供試培地

酵母の選抜における培地には5,5,5-トリフルオロ-DL-ロイシン1mMを含むYNB液体培地(TFL液

表1 清酒に含まれるの香気成分の測定条件

GC system:	7697A head space sampler (Agilent Technologies)+7890B GC/FID (Agilent Technologies)
Inlet:	Sprit ratio 18:1, 200°C
Column:	DB-WAX 30m × i.d. 320µm × p.s. 0.5µm (Agilent Technologies)
Sample Volume:	2mL in 20mL head space vial
Internal standard:	200µL (2000mg/L <i>n</i> -amyl alcohol, 200mg/L methyl caproate in ethanol solution)
Oven temperature:	50°C→15°C/min →220°C (1min)
Carrier gas:	He (2mL/min)
FID:	250°C, H ₂ : 30mL/min, Air: 400mL/min, Make up gas (N ₂): 30mL/min

体培地) (グルコース 2%、Yeast Nitrogen Base w/o Dextrose, Ammonium Sulfate, Amino Acids 0.67%) 及びエコナゾール硝酸塩 5mg/L を含む YNB 液体培地 (ECZ 液体培地) (グルコース 2%、Yeast Nitrogen Base w/ Ammonium Sulfate, w/o Dextrose, Amino Acids 0.67%) の 2 種類を用いた。

また酵母の分離には、YPD 寒天培地 (グルコース 2%、ハイポリペプトン 1%、酵母エキス 2%、寒天 2%) と上記の TFL 液体培地に寒天 2% を添加した TFL 寒天培地を用いた。さらに、小仕込み試験の際に添加する酵母は、YM 液体培地 (グルコース 5%、ハイポリペプトン 0.5%、酵母エキス 0.3%、マルトエキス 0.3%) により培養した。

2.3 耐性株の分離

耐性株は 3 つのステップでそれぞれ単離した。

Step1 : 10µL のディスポループを用いて、酵母菌体を掻きとり、10mL の TFL 液体培地に植菌し、30°C で 48 時間静置培養した。培養後、遠心分離して上澄みを取り除き、残った菌体を 1mL の滅菌水に懸濁した。懸濁後 100µL を YPD 寒天培地と TFL 寒天培地に塗布し、30°C で 48 時間培養した。

Step2 : Step1 で残った懸濁液を再び遠心分離により上澄みを捨て、5mL の ECZ 液体培地を加えて、30°C で 96 時間静置培養した。培養後 100µL を YPD 寒天培地と TFL 寒天培地に塗布し、30°C で 48 時間培養した。

Step3 : Step2 で残った培養液から、200µL を 10 mL の TFL 液体培地に植菌し、30°C で 48 時間静置培養した。培養後、100µL を YPD 寒天培地と TFL 寒天培地に塗布し、30°C で 48 時間培養した。

Step1 から Step3 で分離された耐性株は、YPD 寒天培地にコロニーを釣菌し、生育が良好であったものを一次選抜に供与した。

2.4 小仕込み試験

得られた耐性株の評価のため、総米 12.4g、155g 及び 600g の小仕込み試験を行った。麴米は精米歩合 50% の令和 4 年産今の夢、掛米は総米 12.4g 及び 155g の仕込みでは精米歩合 60% の α 化米 (AA-60 徳島製麴株式会社)、総米 600g での仕込みでは精米歩合 50% の令和 4 年産土佐麗を用いた。

上槽は高速冷却遠心機 Model 7000 (久保田商事株式会社) を用いて遠心分離により行った。

2.5 上槽酒の分析

各選抜で得られた上槽酒について、グルコース、ピルビン酸、アルコール、日本酒度、酸度、アミノ酸度及び香気成分 (アセトアルデヒド (AA)、酢酸エチル (EtAc)、*n*-プロパノール (*n*-PrOH)、*i*-ブタノール (*i*-BuOH)、イソアミルアルコール (*i*-AmOH)、酢酸イソアミル (*i*-AmAc)、カプロン酸エチル (EtCapr)、カプリル酸エチル (EtCapl)、酢酸 (Ac)、カプロン酸 (Capr)) について分析した。

グルコースとピルビン酸は、グルコース CII テストワコー (富士フィルム和光純薬株式会社) 及びデタミナー PA (協和メデックス株式会社) を用いて上槽酒を呈色させ、ダブルビーム分光光度計 UH5300 (株式会社日立ハイテック) を用いて吸光度を測定した。アルコールと日本酒度はアルコール測定モジュール Alcolyzer3010 (Anton Paar GmbH) を備えた卓上型密度系 DMA4501 (Anton Paar GmbH) を用いた。酸度とアミノ酸度は自動サイクラ C-1748 (株式会社 HIRANUMA) を備えた自動滴定装置 COM-1760 (株式会社 HIRANUMA) を用いて分析した。また、香気成分は、吉沢の方法⁵⁾を参考に表 1 の条件に基づき、ヘッドスペースサンプラー 7697A (Agilent Technologies Inc.) を備えたガスクロマトグラフ 7890B (Agilent Technologies Inc.) により分析した。

3 結果及び考察

3. 1 耐性株の分離

Step1 から Step3 までの耐性株の分離にて得られた酵母の数を表 2 に示す。合計で 411 株が得られた。K701、K9、A14、CEL66 及び AC31 では、Step1 でのみ耐性株が得られた。一方、AA41、TFL6、TFL10 及び TFL18 では、Step2 及び Step3 においても耐性株が得られた。

Yeast	Step1	Step2	Step3	Total
K701	14	0	0	14
K9	10	0	0	10
A14	26	0	0	26
AA41	15	38	12	65
CEL66	12	0	0	12
AC31	15	0	0	15
TFL6	4	20	62	86
TFL10	17	56	43	116
TFL18	17	18	32	67
Total	130	132	149	411

3. 2 一次選抜

耐性株の分離にて得られた 411 株について、総米 12.4g の小仕込み試験を行った。

その結果、AA41、TFL6、TFL10 及び TFL18 の耐性株から、親株と比較し *i*-AmAc を 2 倍以上生成する株が得られた。これらの耐性株群が生成した *i*-AmAc の生成量の傾向を図 1 に示す。

耐性株の *i*-AmAc の生成量は親株と比較し半量以下の株から、2 倍以上の株まで幅広く確認された (図 1)。特に TFL10 の耐性株では親株の 3 倍以上

i-AmAc を生成する株が確認された。

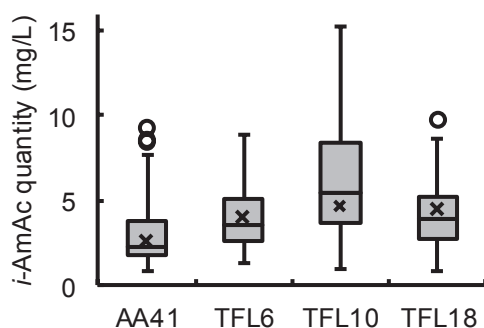


図 1 小仕込み試験での一次選抜における *i*-AmAc 量の箱ひげ図 (総米量 12.4g)

○ : 外れ値、× : 親株の値

表 3 各工程で単離され、一次選抜を通過した酵母の数

Yeast	Step1	Step2	Step3	Total
AA41	2	13	3	18
TFL6	0	0	7	7
TFL10	4	7	15	26
TFL18	5	0	5	10
Total	11	20	30	61

また、ステップごとに得られた耐性株の内、一次選抜を通過した酵母数を表 3 に示す。最終的に 61 株が一次選抜を通過しており、特に Step2 または Step3 で多くの耐性株が通過していた。この要因として、Step1 で得た耐性株はエコナゾールへの耐性が確認されていないことに対し、Step2 以降で得られた耐性株は、5,5,5-トリフルオロ-DL-ロイシン及びエコナゾールの両方の耐性が確認されているためと考えられる。

3. 3 二次選抜

一次選抜を通過した 61 株について、総米 155 g の小仕込み試験を行った。

各耐性株群の *i*-AmAc の生成量の傾向について図 2 に示す。また、各耐性株群における *i*-AmAc の生成量や発酵力に優れる 5 株の上槽酒の分析値を表 4 に示す。

AA41 の耐性株群に比べ、TFL6、TFL10 及び TFL18 の耐性株群では、いずれも *i*-AmAc を高生産する傾向が見られた (図 2)。また、*i*-AmAc の生成量を親株と比較したところ、TFL6 の耐性株群では親株よりも低い生成量であったが、AA41、TFL10、TFL18 の耐性株群では親株を上回る生成量を示すものが複数見られた。さらに、*i*-AmOH から *i*-AmAc への変換効率を示す指標である E/A 比についても比較すると、高知酵母の中で酢酸イソアミルを高生産する AA41 が 6.0 であることに対し、TFL10 の耐性株である 263 (16) と 287 (37) は 7.8、TFL18 の耐性株である 145 (10) は 10.9 であり、高い変換効率を示した (表 4)。

最終的に、親株以上の高いアルコール収量と *i*-AmAc の生成量をもつ耐性株より AA41 の 335 (48)、親株と同等またはそれ以上の E/A 比をもつ耐性株より、AA41 の 323 (44)、TFL6 の 182 (12)、TFL10 の 263 (16) と 287 (37)、TFL18 の 145 (10) の計 6 株を選抜した。

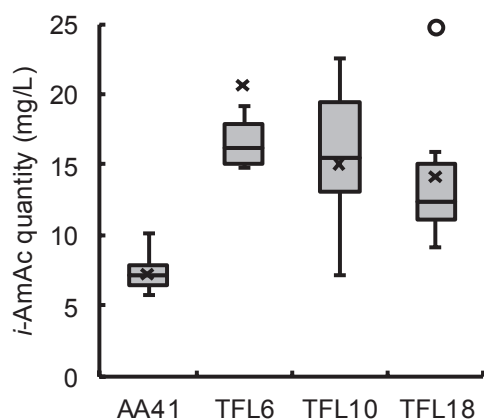


図2 総米量 155g の小仕込み試験での一次選抜における *i*-AmAc 量の箱ひげ図
○印：外れ値、×印：親株の平均値

3. 4 三次選抜

二次選抜を通過した6株について、総米600gの小仕込み試験を行った。小仕込み試験の結果を表5に示す。

i-AmAcの生成量に着目すると、TFL10の耐性株263(16)及びTFL18の耐性株145(10)では、親株を上回り、それぞれ12.83 mg/L及び13.99 mg/Lであり、AA41の2倍以上の生成量であった。加えて、E/A比に着目するとAA41の4.7に対し、それぞれ4.2と5.6であり、良好な値であった(表4)。

また、263(16)と145(10)の他の香気成分についてもAA41と比較したところ、*i*-BuOH及びAcが半分程度の生成量であった。加えて、145(10)は吟醸香であるEtCaprを2.81mg/L生成しており、AA41の3倍以上であった。

表4 総米155gの小仕込み造試験における二次選抜結果

Yeast	No.*	Sake Meter value	Alcohol content (%)	Alcohol yield (L/t)	Acidity (mL)	EtAc (mg/L)	<i>i</i> -AmAc (mg/L)	<i>i</i> -AmOH (mg/L)	E/A ratio [†]	Promising yeast
AA41	76(7)	-20.3	15.81	242	2.67	105.7	8.36	126.1	6.6	
	308(39)	-20.1	15.71	239	2.56	99.3	8.53	135.0	6.3	
	323(44)	-19.4	15.88	237	2.45	110.0	10.06	140.9	7.1	○
	335(48)	-10.8	17.02	275	2.82	93.2	7.19	139.4	5.2	○
	341(49)	-19.9	15.67	237	2.49	83.5	7.91	133.7	5.9	
	Parent	-20.5	15.62	240	2.61	87.1	7.17	120.5	6.0	
TFL6	182(12)	-10.6	17.15	274	2.73	95.8	19.19	291.7	6.6	○
	186(13)	-13.2	16.77	268	2.80	89.6	19.03	295.3	6.4	
	191(14)	-14.0	16.38	255	2.73	75.4	16.25	302.3	5.4	
	194(16)	-8.9	17.21	277	2.71	77.9	15.34	292.4	5.2	
	200(17)	-7.4	17.11	280	2.84	85.6	16.69	280.9	5.9	
	Parent	-12.3	17.13	278	2.69	103.8	20.54	295.0	7.0	
TFL10	228(24)	-29.9	14.30	205	2.39	93.1	19.54	333.7	5.9	
	248(12)	-18.7	15.31	217	2.30	102.4	20.19	336.3	6.0	
	259(14)	-29.1	14.33	203	2.23	97.1	20.55	296.3	6.9	
	263(16)	-21.1	15.58	232	2.27	110.8	22.54	290.2	7.8	○
	287(37)	-33.3	14.14	206	2.33	91.2	22.07	283.8	7.8	○
	Parent	-5.3	16.99	265	2.47	116.8	14.95	260.5	5.7	
TFL18	15(3)	-12.5	16.01	239	3.74	69.5	15.09	278.2	5.4	
	24(5)	-33.4	14.11	205	3.47	75.2	15.17	221.9	6.8	
	145(10)	-31.2	14.47	209	3.07	106.8	24.69	226.9	10.9	○
	497(55)	-29.0	14.90	228	3.15	86.9	15.90	224.5	7.1	
	499(57)	-37.4	13.61	200	2.78	64.6	13.44	215.5	6.2	
	Parent	-25.4	15.42	243	3.07	91.8	14.06	217.7	6.5	

* 括弧内の数字は二次選抜番号を意味します。

[†]E/A比 = (*i*-AmAc) / (*i*-AmOH) × 100

表5 総米600gの小仕込み試験における三次選抜結果

Yeast	No.*	CO ₂ reduction (g)	Sake Meter value	Alcohol content (%)	Sake yield (mL)	Alcohol yield (L/t)	Yeast mortality (%)	Yeast count ($\times 10^6$ cell/mL)	Acidity (mL)	Amino Acid content (mL)	Glucose (%)	Pyruvate (mg/L)
AA41	323 (44)	190.69	+9.3	16.60	926.7	256	31.5	2.46	1.87	1.07	0.16	2
	335 (48)	181.67	+7.1	16.58	945.1	261	11.1	2.71	2.19	0.98	0.19	64
	Parent	187.22	+6.2	16.61	943.6	261	21.7	2.08	2.23	1.04	0.18	78
TFL6	182 (12)	176.52	+5.1	16.50	944.4	260	2.6	2.94	2.16	0.98	0.15	90
	Parent	170.70	+6.5	16.71	950.4	265	2.2	2.26	2.03	0.98	0.15	89
TFL10	263 (16)	172.11	+3.2	16.39	937.3	256	31.4	2.55	1.98	1.00	0.23	17
	287 (37)	176.70	-0.05	15.70	920.7	241	28.6	2.28	2.02	1.12	0.31	10
	Parent	173.47	+4.5	16.50	952.7	262	11.7	2.35	2.08	1.03	0.17	66
TFL18	145 (10)	172.18	+2.9	16.30	938.7	255	7.1	2.46	2.59	0.83	0.19	51
	Parent	173.35	+4.5	16.20	926.5	250	1.4	1.75	2.57	0.86	0.17	89

Yeast	No.*	AA (mg/L)	EtAc (mg/L)	n-PrOH (mg/L)	i-BuOH (mg/L)	i-AmAc (mg/L)	i-AmOH (mg/L)	EtCapr (mg/L)	EtCapl (mg/L)	Ac (mg/L)	Capr (mg/L)	E/A ratio†
AA41	323 (44)	50.6	55.2	51.7	56.0	4.61	142.4	0.74	0.61	123.4	33.2	3.2
	335 (48)	43.9	71.7	52.8	52.2	5.74	137.0	0.66	0.51	128.2	30.7	4.2
	Parent	52.4	87.1	62.2	44.6	6.00	126.5	0.91	0.71	119.0	31.9	4.7
TFL6	182 (12)	38.9	54.9	35.2	16.6	7.70	294.5	1.11	1.02	62.9	9.3	2.6
	Parent	40.7	74.2	39.4	18.2	10.82	306.9	1.16	1.01	61.2	10.7	3.5
TFL10	263 (16)	44.1	78.0	54.3	19.5	12.83	304.9	0.86	0.67	69.6	12.0	4.2
	287 (37)	43.2	51.4	47.7	20.2	9.82	296.5	0.83	0.64	77.2	17.9	3.3
	Parent	41.8	73.4	64.0	32.0	8.48	244.1	0.90	0.68	98.6	15.4	3.5
TFL18	145 (10)	32.9	80.5	59.2	13.6	13.99	249.3	2.81	1.01	<LOQ†	12.0	5.6
	Parent	35.8	51.1	58.1	19.2	5.15	242.3	2.58	1.04	36.5	11.5	2.1

* 括弧内の数字は二次選択番号を意味します。

† LOQ は定量限界を意味し、Ac の LOQ = 30.0mg/L

* E/A 比 = (i-AmAc) / (i-AmOH) \times 100

発酵力についても、アルコール取得量を比較すると、AA41の261L/tに対し、263(36)は256L/t、145(10)は255L/tであり、AA41と同程度の発酵力であった。

最終的に、高い*i*-AmAcの生成量、良好なE/A比、アルコール取得量を評価し、TFL18の耐性株145(10)とTFL10の耐性株263(16)を最終選抜株とした。これら2種の酵母は、AT10とAT16と命名した。

3.5 既存酵母との特徴比較

本研究で育種した2種の新規酵母AT10とAT16の特徴を把握するため、きょうかい酵母®のK9、高知酵母のAA41、AC95、CEL19、CEL24を対照として、総米155gの小仕込み試験を行った。

吟醸香である*i*-AmAcとEtCaprの生成量の結果を図3に示す。その結果、本研究で育種した酵母は、既存の高知酵母と大きく異なる特性を有することが確認され、目的であった*i*-AmAcを20mg/L以上生成する酵母を開発することができた。AT16については、令和6酒造年度に有限会社有光酒造場にて、試験的にAA41との混合仕込みによる実地醸造と商品化が行われた。また、AT10についても県内酒造場にて、実地醸造と商品化が予定されている。

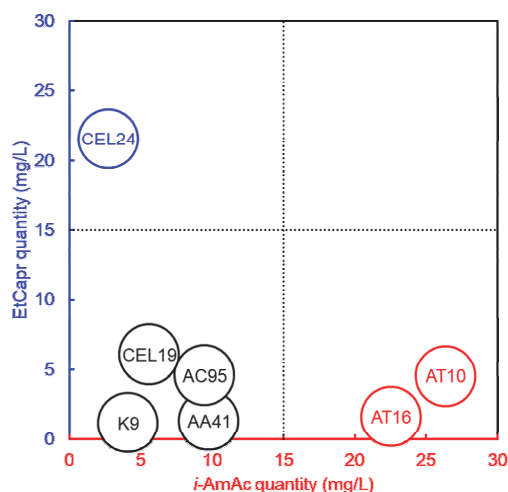


図3 各酵母が生成した*i*-AmAcとEtCaprの量

4 まとめ

酢酸イソアミルを高生産かつイソアミルアルコールを低減した酵母を育種した。その結果、TFL18耐性株からAT10、TFL10の耐性株からAT16を選抜した。

AT10とAT16は既存のAA41の2倍以上の酢酸イソアミル生成量、良好なE/A比及び発酵力を有しており、既存の酵母と異なる新たな酵母であった。

謝辞

本研究を行うにあたり助言をいただきました、高知県酒造組合技術顧問の上東治彦博士、試験醸造に協力いただいた有限会社有光酒造場の有光尚社長、尾木芳之杜氏はじめ有光酒造場の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) H. Uehigashi: *Seibutsu-Kogaku Kaishi*, 100(2), (2022) 100-102
- 2) H. Tsutsumi: *J. Jpn. Assoc. Odor Environ.*, 46(5), (2015) 346-349
- 3) S. Ahida, *et al.*: *Agric. Biol. Chem.*, 51(8), (1987) 2061-2065
- 4) T. Asano, *et al.*: *J. Biosci. Bioeng.*, 87(5), (1999) 697-699
- 5) K. Yoshizawa: *J. Brew. Soc. Japan*, 83(11), (1973) 59-61

ユズ果汁の品質管理基準の最適化支援

2024 年産ユズ果汁の物理化学性状

近森 麻矢 阿部 祐子 竹田 匠輝 岡本 佳乃

Assistance in Optimizing Quality Control Standards for Yuzu Juice

Physicochemical Analysis of Yuzu Juice produced in 2024

Maya CHIKAMORI Yuko ABE Naruki TAKEDA Yoshino OKAMOTO

県内の搾汁施設で行われているユズ果汁の自主検査について、現行の検査手法や品質基準の実態を把握するために2024年産ユズ果汁の品質調査を行った。2024年産ユズ果汁の品質は、過去の調査と比較して大きな差異はなかったが、酸度は全体的に低下傾向が見られた。また、現在、中和滴定法で行っている酸度測定に市販の酸度計が利用できるかを検討したところ、中和滴定法に比べると酸度計での測定値は低く出る傾向があったが、強い相関があり、日常的な自主検査に用いて傾向を確認するのに有効な手段と考えられた。

1 まえがき

高知県で生産されるユズの約75%は加工向けとして出荷されている¹⁾。県内の搾汁施設の多くでは製品品質を確保するために自主検査を行っているが、統一された規格・基準がないため、検査項目や実施頻度、サンプル採取のタイミング、判定基準等の運用は施設ごとに異なっている。

そこで、現行の検査手法や品質基準の実態及び検査での課題を把握し、より効果的な方法を検討するために2024年産ユズ果汁の品質調査を行った。また、検査担当者の負担軽減のため、酸度測定の代替方法を検討した。

2 品質調査及び成分分析

2.1 搾汁施設からの聞き取り調査

品質調査項目を選定するため、県内で搾汁を実施している8工場を訪問し、現行の製品規格や自主検査内容、及び実施手順等を確認した。

自主検査には現場で実施するものと外部に委託するものがある。現場ではpH、酸度、可溶性固形分(Brix)、比重、精油量の検査を行っている工場が多かったため、その項目を品質調査の対象とした。

また、近年の人手不足や資材価格の高騰により、検査コストや労力の削減が求められている。現場からは検査手順や製品規格を再確認したいとの要望があり、これらの見直しと簡素化が必要となっている。

2.2 ユズ果汁の分析

2.2.1 試料

2024年秋に搾汁されたユズ果汁について、3工場

にサンプリングを依頼し、10月下旬、11月初旬、11月中旬、11月下旬のユズ果汁合計11試料(搾汁期間の都合で1工場は11月のみ)を冷凍状態で入手したものをを用いた。

2.2.2 分析項目及び試験方法

- ・比重：比重計(浮ひょう型)
- ・可溶性固形分(Brix)：糖用屈折計((株)アタゴ社製 PAL-BX/R1)
- ・pH：pHメーター((株)堀場製作所製 D-71)
- ・酸度：下記2.3.1による
- ・油性浮上物：共栓シリンダーで一晩放置後、浮遊層を測定
- ・精油：蒸留法

2.3 測定方法の比較検討

聞き取り調査で、酸度分析には指示薬またはpHメーターを用いた中和滴定法が採用されていることが分かった。しかし、指示薬を用いる中和滴定法では液色の変化を目視で確認するため、検査者間で結果にばらつきが生じやすい。また試薬や器具の管理も必要なため、簡便な測定方法が求められている。そこで、市販の酸度計利用の可否を判断するため、分析に使用した11試料を対象に、酸度計と中和滴定の結果を比較し、さらに自動滴定装置による測定も併せて実施した。

2.3.1 酸度試験方法

- 方法①：0.1N NaOHを用いた指示薬による中和滴定
方法②：自動滴定装置((株)HIRANUMA社製 COM-

1760SC1748)

方法③：ポータブル酸度計（(株)アタゴ製 PAL-BX ACID1)

3 結果

3.1 ユズ果汁の分析結果

工場ごとの果汁分析結果の平均値を表1に示す。

当センターでは、2010～2014年度にも高知県産冷凍ユズ果汁の品質調査（以下、前回調査）を実施しており^{2)～5)}、表中に各工場の前回調査時の値（5年間の平均値）もあわせて示した。

図1には搾汁時期別の結果を示した。図中の点線は前回調査に基づく県産ユズ果汁の品質範囲⁶⁾を上限值及び下限値で示しており、各工場の実際の規格値とは異なる。

シーズン平均値において、前回調査と大きな差異はなかったが、酸度は3工場全てで前回値を下回り、搾汁時期別でも全体的に低下傾向が見られた。比重は、搾汁施設への聞き取り調査で10年前より上昇傾向が示唆されていたが、今回の調査では後半にやや高くなる傾向が認められたものの、全ての試料が前回調査の範囲内であった。精油量及び油性浮上物も全ての試料が前回調査の範囲内であったが、工場間での差異は大きかった。

ユズは隔年結果性があり、これまでの調査^{2)～5)}でも、物理化学性状の年変動が認められている。今回の調査で、上限値または下限値に近い値を示した項目は、引き続き推移を確認する必要がある。

3.2 酸度の比較結果

11試料の酸度測定結果を図2に示す。中和滴定の測定値を基準にすると、自動滴定装置との値の差は-0.05～+0.08、酸度計との値の差は-0.30～-0.11で、他の2つの方法に比べて酸度計での測定値が低くなる傾向があった。

また、それぞれの酸度を比較した結果を図3及び図4に示す。中和滴定と自動滴定装置の測定値には非常に強い相関関係が認められた。同様に中和滴定と酸度計の測定値にも強い相関は認められるが、前述のように値が低くなる傾向があり、酸度の正確な定量を目的とする場合や中和滴定での結果と比較するときには注意が必要である。

4 まとめ

搾汁施設におけるユズ果汁の自主検査について、現行の検査手法や品質基準の実態把握を目的として、2024年産ユズ果汁の品質調査と現場で行われている検査手順の確認を行った。

2024年産ユズ果汁の品質は2010～2014年度の調査時と大きな違いは見られなかったが、酸度は全体的に低下傾向であった。

酸度測定方法の比較では、中和滴定と酸度計の測定値に相関があり、ユズ果汁の日常的な自主検査に用いて傾向を確認するのに有効な手段と考えられた。

近年の人手不足や資材高騰により、検査にかかるコストや労力の削減が求められており、今後は検査手順及び規格の整理や簡素化の検討が必要になる。今回の調査で確認した検査手順等については現場にも情報を提供する。

表1 ユズ果汁の分析結果（シーズン平均値）

	工場A		工場B		工場C	
	今回調査	前回調査	今回調査	前回調査	今回調査	前回調査
pH	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
可溶性固形分(Brix)	8.5	8.9	8.8	8.8	8.1	8.6
酸度(%)	5.0	5.3	4.7	5.1	4.9	5.2
比重(g/ml)	1.038	1.038	1.036	1.037	1.036	1.038
精油量(%)	1.34	1.24	1.44	1.20	0.65	0.83
油性浮上物(%)	10	9	11	7	5	5

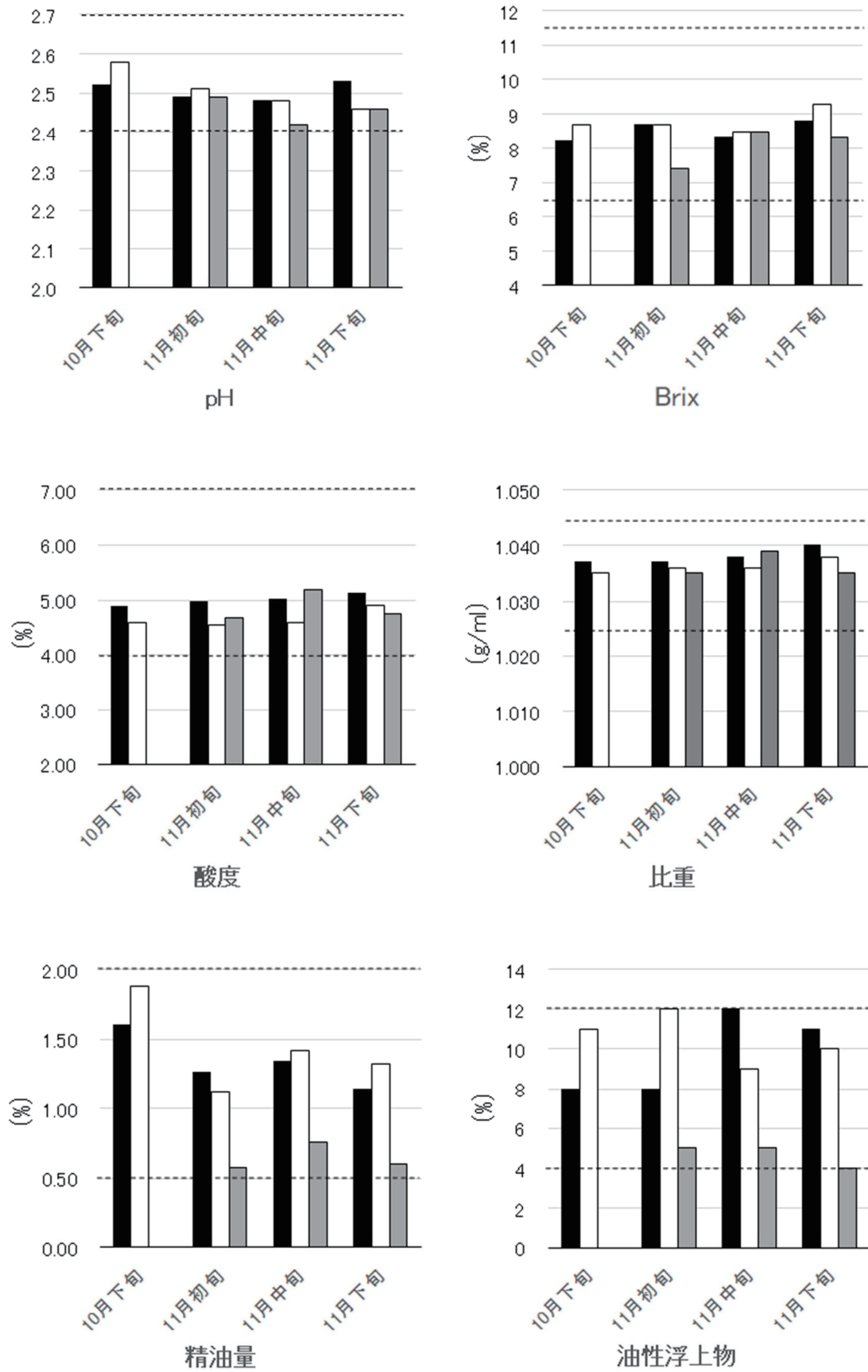


図1 ユズ果汁の分析結果 (搾汁時期別)

■工場A □工場B ▒工場C

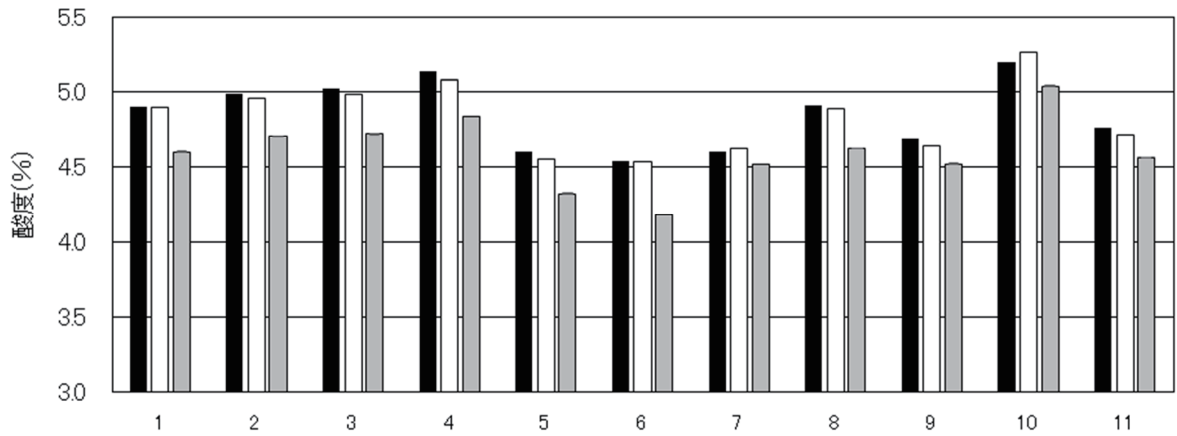


図2 ユズ果汁の酸度(測定方法別)

■中和滴定 □自動滴定装置 ▨酸度計

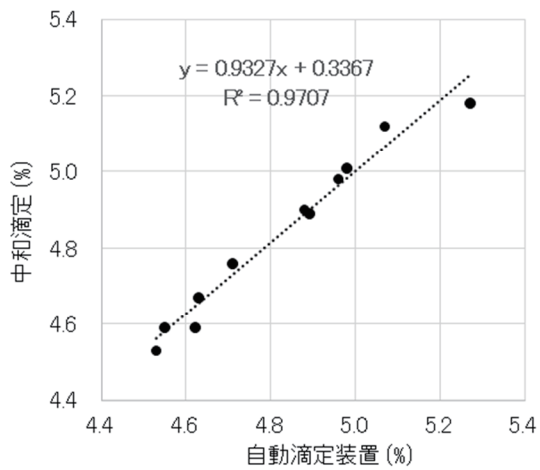


図3 酸度の比較(自動滴定装置と中和滴定)

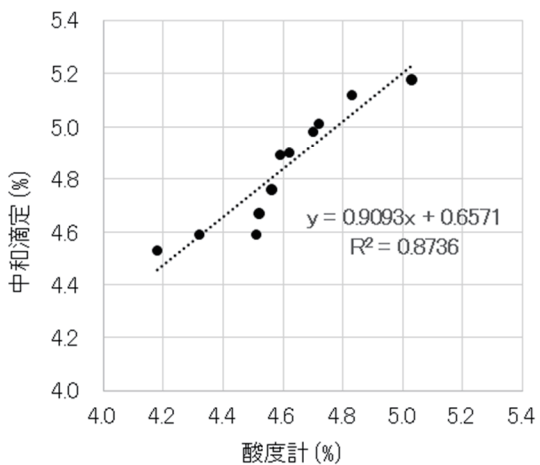


図4 酸度の比較(酸度計と中和滴定)

謝辞

本調査を行うにあたり、ユズ果汁の試料提供にご協力いただいた高知県農業協同組合の皆さまに感謝いたします。

参考文献

- 1) 農林水産省：令和4年産特産果樹生産動態等調査
- 2) 久武陸夫ら：平成23年度高知県工業技術センター報告、43、(2012)30-34
- 3) 竹田匠輝ら：平成24年度高知県工業技術センター報告、44、(2013)7-13
- 4) 岡本佳乃ら：平成25年度高知県工業技術センター報告、45、(2014)13-17
- 5) 岡本佳乃ら：平成26年度高知県工業技術センター報告、46、(2015)19-22
- 6) 岡本佳乃ら：平成27年度高知県工業技術センター報告、46、(2016)5-8

ユズ果汁の品質管理基準の最適化支援

ユズ果汁の微生物検査

阿部 祐子 近森 麻矢 竹田 匠輝 岡本 佳乃

Assistance In Optimizing Quality Control Standards for Yuzu Juice Microbiological Tests on Yuzu Juice

Yuko ABE Maya CHIKAMORI Naruki TAKEDA Yoshino OKAMOTO

ユズ果汁について、食品の微生物検査にて公定法で使用される培地と自主検査などで使用される簡易培地とで微生物検査を行いその違いを比較した。その結果、簡易培地を使用した場合には、一般生菌数が過小評価されていることが確認できた。一方、真菌では両検査方法での結果に大きな違いはなく、簡易培地を利用したユズ果汁の自主検査は可能であると考えられた。

1 目的

ユズは高知県を代表する柑橘であり、高知県内での収穫量は全国のおよそ半分を占めている¹⁾。生産されたユズの約75%は果汁などの加工品として利用されており、県内の搾汁を行う加工場では加工品原料としてユズ果汁の品質管理を各自行っている。しかし、果汁をそのまま清涼飲料とする場合を除き、現在統一された規格・基準はなく、品質規格については各施設の判断によって設定されている。そこで本報告では、ユズ果汁における微生物の自主検査方法の最適化に資することを目的として、公定法で使用される培地と自主検査などで使用される簡易培地とで結果を比較し、検討を行った。

2 実験方法

2.1 試料

試験には、2024年11月中旬に県内3カ所(A, B, C)の搾汁場にて搾汁されたユズ果汁を用いた。果汁は搾汁後当日中に冷蔵で当センターまで輸送し、50mL容量の滅菌済遠沈管に必要数分注した。分注された果汁を当日中に菌検査用の試料とした。

また、pH調整試料として、通常pHが2.5程度のユズ果汁原液を1N NaOHにてpH6.6~7.2に調整したものを通常のユズ果汁と共に菌検査に用いた。

2.2 菌検査

2.2.1 一般生菌および真菌

一般生菌数の検査では、標準寒天培地(SMA)および簡易培地であるネオジェンジャパン株式会社製ペトリフィルム生菌数測定用(AC)プレートを用いた。試料原液と滅菌リン酸緩衝生理食塩水にて10倍・100倍に

希釈した試料について検査を行った。培養は35℃にて行い、2日後にコロニーを計数した。

真菌ではクロラムフェニコール添加ポテトデキストロース寒天培地(PDA)および簡易培地であるネオジェンジャパン株式会社製ペトリフィルムカビ・酵母測定用(YM)プレートを用いて、試料原液と滅菌リン酸緩衝生理食塩水にて10倍・100倍に希釈した試料を検査に用いた。培養は24℃にて行い、5日後にコロニーを計数した。

3 結果と考察

3.1 一般生菌

標準寒天培地と簡易培地を用いてそれぞれユズ果汁とpH調整したユズ果汁での一般生菌数を測定した結果、標準寒天培地では $3\sim 5\times 10^3$ 個/gであったが、簡易培地ではその1/10~1/50であった(図1)。

果汁原液において、pH調整の影響は標準寒天培地では見られなかったが、簡易培地を使用した場合はpH調整した試料でのみコロニーが確認でき、原液をそのままサンプルとした試料ではコロニーが確認できなかった(表1)。

簡易培地ではpH調整した試料でのみコロニーが確認できたことから、ユズ果汁の低pHによる影響が考えられた。一方で、pH調整の有無に関係なく簡易培地での一般細菌数は標準寒天培地を使用した場合より低く抑えられており、pHの他にもユズ果汁に含まれる細菌の成育を阻害する成分により、一般生菌数が過小評価されていることが考えられた。

標準寒天培地では寒天培地と混合して培養するため、ユズ果汁は実質15~20倍程度に希釈されるが、簡易培地は薄いシート状の乾燥した培地にサンプルを

添加するため、ユズ果汁がほとんど希釈されない。この違いにより簡易培地ではユズ果汁による影響をより強く受けたと考えられた。

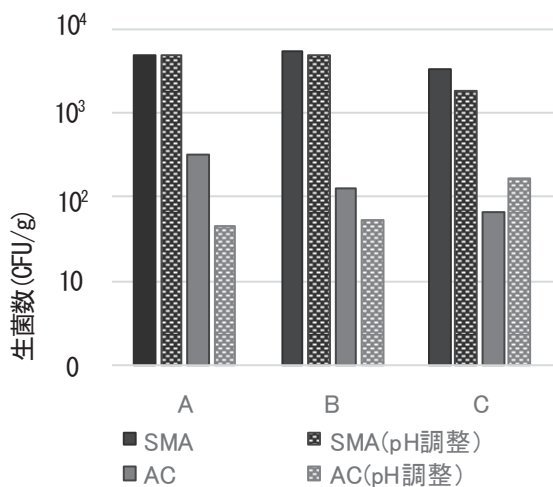


図1 ユズ果汁の標準寒天培地(SMA)と簡易培地(AC)での一般生菌数測定結果

表1 pH調整とコロニーの出現

培養2日目	果汁原液	10倍希釈	100倍希釈
標準寒天培地	+	+	+
標準寒天培地(pH調整)	+	+	+
AC培地	-	+	+
AC培地(pH調整)	+	+	+

(+ : コロニー検出、- : コロニー不検出)

3.2 真菌

真菌数の測定結果を図2に示した。培地の違いやpH調整の有無による違いは見られなかった。このことから、真菌数検査用の簡易培地はpHを調整する必要がなく、自主検査にも導入しやすいと考えられた。

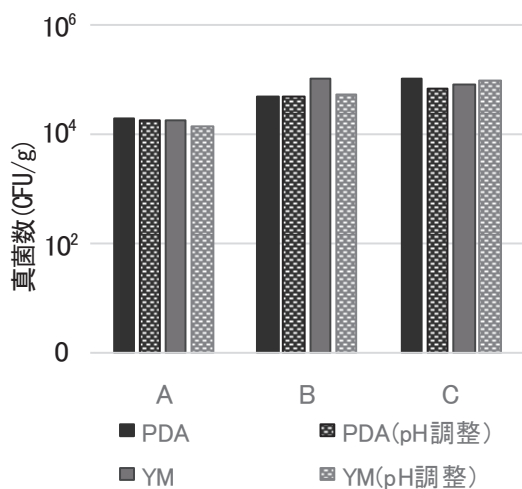


図2 ユズ果汁のポテトデキストロース寒天培地(PDA)と簡易培地(YM)での真菌数測定結果

4 まとめ

簡易培地は事前の準備や取り扱いが簡便であるため、事業者より微生物の自主検査に導入できないかとの相談を受ける機会がある。しかし、今回行ったユズ果汁の一般生菌数の測定では、pH調整の有無に関係なく菌数の過小評価が確認されたことから、ユズ果汁での使用については注意が必要である。

ユズ果汁中の細菌の成育を阻害する成分については、一般生菌数用簡易培地の取扱説明書にクエン酸塩を含む緩衝液が細菌の成育を阻害するとの記述があることから、本試験においてはユズ果汁に含まれるクエン酸塩が影響していると考えられた。

一方で、真菌数検査では、簡易培地での結果は公定法で使用されるPDA培地と比較しても遜色ない結果となったことから、導入できる可能性は高いと考えられた。

簡易培地を用いた運用については、今回のような検証結果を考慮して検討するよう現場に周知する必要がある。なお、ユズ果汁では冷凍・解凍後に菌数が減少することが報告されており²⁾、果汁を冷凍保存した場合の菌数の変化については、今後引き続き調査を行う。

謝辞

本調査を行うにあたり、ユズ果汁の試料提供にご協力いただいた高知県農業協同組合の皆さまに感謝いたします。

参考文献

- 1) 農林水産省：令和4年産特産果樹生産動態等調査
- 2) 杉本篤史：高知県工業技術センター研究報告 No. 37、(2006) 1-4

簡略化したメチレンブルー染色法による酵母密度測定

岡本 佳乃

Yeast Density Measurement Using a Simplified Methylene Blue Staining Method

Yoshino OKAMOTO

もろみ中の酵母については、メチレンブルー染色と血球計算盤を用いた手動分析で酵母密度と死滅率を測定している。作業の効率化を目的に簡略化して実施しているメチレンブルー染色法と培養法の比較を行い、両者の相関係数は0.85となったため現行の方法でももろみ中の酵母の状態を把握できることが明らかとなった。

1 まえがき

当センターでは、酒造期を中心に年間800サンプル以上のもろみサンプルを分析している。分析結果は迅速に現場と共有し発酵管理に活用してもらっているが、分析に要する時間が年々増加していることから効率化を図る必要が生じている。国税庁所定分析法注解によると酵母密度測定に用いるメチレンブルー染色法¹⁾に供するもろみ量は、あらかじめ適当な酵母密度に希釈したものを使用するとされているが、当センターではサンプルを染色液に加える段階で20倍希釈することで、手間と時間の短縮に努めている。

これまで、メチレンブルー染色法による測定結果ともろみの発酵状況や上槽酒の品質との間に大きな乖離はないと感じているが、本報告では改変したメチレンブルー染色法による分析の妥当性確認を目的に培養法との比較を試みた。

2 実験方法

2.1 供試材料

2.1.1 供試菌株

試験には後述の小仕込み試験に用いた酵母66種類を供した。

2.1.2 小仕込み試験

添仕込みでは、50%精米麴35g、水70mL、8.8%乳酸0.7mLに、YM培地（5%グルコース、0.5%ハイポリペプトン、0.3%酵母エキス、0.3%麦芽エキス）10mLで2日間静置培養した酵母液を集菌後水10mLに懸濁して加え、18℃で一晩静置した。留仕込みでは、60%精米α化米120g、水176mLを加え、留時の品温を7℃となるようにした。その後、1週間かけて品温を10℃まで昇温させ、留後26日目の上槽まで維持した。上槽時に8mL程度のもろみをガーゼでろ過し、ろ液（約1.25mL）を

測定サンプルとして用いた。

2.2 酵母密度及び生菌率測定

2.2.1 簡易メチレンブルー染色法

0.02%メチレンブルー溶液475μLと0.2mol/Lリン酸バッファー475μLに酵母ろ液サンプル50μLを混合し、光学顕微鏡下でトーマ血球計測盤を用いて手動分析を行い、酵母を計数し生存酵母密度を算出した。

2.2.2 培養法

コロニーカウント用プレートには、寒天を2%添加したYM培地を用いた。酵母ろ液サンプル0.1mLをプレートに塗布し、24℃で2日培養後に出現したコロニーの数を計測した。

3 結果

もろみの希釈作業を簡略化したメチレンブルー染色法による酵母密度と培養法のCFUの測定を行った。両者の相関係数は0.85となったため、簡略化したメチレンブルー染色法は傾向把握に十分使用できることが明らかとなった（図1）。

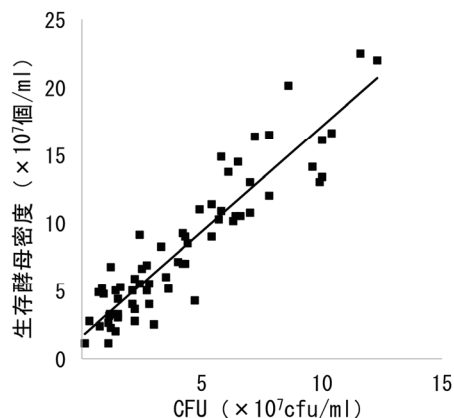


図1 簡易メチレンブルー染色法と培養法による生存酵母密度

参考文献

- 1) 注解編集委員会編：第三回改正国税庁所定分析法
注釈、(財)日本醸造協会、230-232、313

市販ドライフルーツの水分と水分活性

竹田 匠輝 近森 麻矢 阿部 祐子 加藤 麗奈

Moisture and water activity of commercially available dried fruits

Naruki TAKEDA Maya CHIKAMORI Yuko ABE Reina KATO

ドライフルーツは複雑な加工工程を必要とせずとも常温流通可能な特産品として販売できることから、県内中山間地域でも取組やすい製品である。商品開発時の参考データとして活用するため、ドライフルーツの保存性に影響する水分と水分活性について、78 商品収集し、その表示内容、水分と水分活性について調査した。水分は 5.7~25.3%で、水分活性は 0.39~0.74 であった。いずれの製品も水分活性が低く、78 種類中 76 種が冷暗所保管の常温流通製品であった。

1 まえがき

ドライフルーツは、国内であれば干し柿や梅干しなど、海外であればレーズンや干しイチジクなど伝統的な加工品¹⁾²⁾である。乾燥で果実の水分を減らすことで腐敗を防止し、常温で長期保存が可能となり、その乾燥工程で成分変化やテクスチャー変化が起こり生の果実とは異なる製品²⁾となる。常温での流通が可能であるため、輸出入にも適する。また保存性の向上により廃棄ロス削減に貢献できる。

ビタミン・ミネラル・食物繊維などが生のフルーツに比べ豊富³⁾で、無添加や砂糖不使用の製品といった特徴付けをした製品もある。また、ベジタリアン・ヴィーガン・グルテンフリーのおやつとしての需要も見込める。

規格外や熟しすぎた果物⁴⁾も利用でき、農産物の廃棄を減らすことも可能で、場合によっては生果よりも加工による付加価値が付き高単価で販売可能である。県内ではゆずや生姜など、他県では長野県のりんご、愛知県のいちじくなどのドライフルーツが作られており、地域ブランドや特産品化の手段として有効である。その地域の果実を使ったドライフルーツは、お土産や贈答品として需要がある。また、農産物の6次産業化（生産・加工・販売）の事例として、観光地や道の駅などでの販売やふるさと納税の返礼品としても扱われている。

このように、ドライフルーツは複雑な加工工程を必要とせずとも常温流通可能な特産品として販売できることから県内中山間地域でも取組やすい製品である。ここでは、商品開発時の参考データとして活用するため市販されているドライフルーツの保存性に影響する水分と水分活性について調査したので報告する。

2 試料及び方法

ドライフルーツを 78 商品収集し、表示内容及び水分と水分活性について調査した。

(1) 試料の内訳

果物は杏、柑橘、パイナップル、ブドウなど 25 種類、野菜はショウガ、トマトの 2 種類を試験に供した。

(2) 表示内容

保存方法と添加物表示について調査した。

(3) 水分及び水分活性の測定

水分は常圧加熱乾燥法、水分活性は水分活性測定器（フロイント産業株式会社製 EZ-200）にて測定した。

3 結果及び考察

3.1 表示内容

保存方法は、ドライイチジクの 2 商品は要冷蔵であったが、その他は冷暗所での保管となっていた。添加物は調査品の半数を超える 43 検体について使用があり、用途は漂白剤が最も多く、保存料、香料、着色料、酸味料、酸化防止剤、甘味料、調味料の順であった。亜硫酸塩は漂白剤、保存料、酸化防止剤として利用されていた。

3.2 水分と水分活性

水分と水分活性の測定結果を図 1 に示す。水分は 5~20%の商品が多かったが、中には 25%を超えるものもあった。水分活性は 0.39~0.74 であり、いずれの製品も水分活性が低く、微生物の増殖で考慮すべき対象は主にカビであることが分かった。

また、冷蔵保存の 2 商品はそれぞれ、水分が 14.8%、15.9%、水分活性が 0.65、0.66 であった。このことから、腐敗防止が目的では無く、品質劣化

を抑えるために冷蔵となっていると推察された。

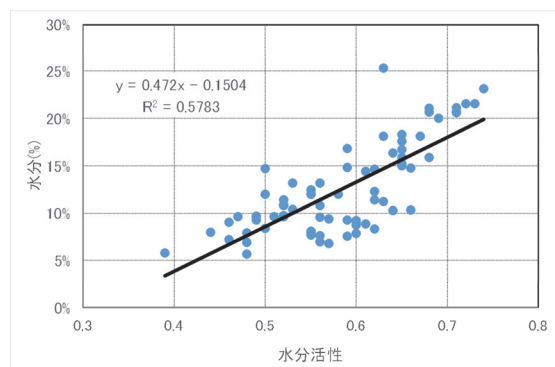


図1 水分と水分活性

4 まとめ

今回収集した市販品の約半数に添加物が使用されており、製品のできばえを向上させるために一般的に添加物が使われる製品であることが分かった。製造工程の改良等で無添加でも同様の効果を得られれば、競争力のある製品となることが期待される。

また、水分は多いもので25%を超えた製品もあることから、切り干し大根や干しシイタケなどの乾燥野菜⁵⁾の様に水分が10%以下まで乾燥させる必要はなく、水分が15%以上であっても、水分活性を0.7程度に押さえることができれば、市販品と同様の保存性が期待できる。乾燥野菜の様に完全に乾燥させる製品ではなく、乾燥の程度を抑えた製品開発することで歩留まりの向上が見込める。

参考文献

- 1) 服部博:地域資源活用食品加工総覧、5、(2000) 421-424
- 2) 中村一郎:初心者のための食品製造学、光琳、(2009) 115
- 3) 今田節子:地域資源活用食品加工総覧、5、(2000) 424-429
- 4) 榊原正利:地域資源活用食品加工総覧、5、(2000) 446
- 5) 文部科学省 科学技術・学術審議会 資源調査分科会 食品成分委員会 (第11期)、“日本食品標準成分表(八訂)増補2023年”、令和5年4月、
https://www.mext.go.jp/content/20230428-mxt_kagsei-mext_00001_011.pdf、(参照2026.2.18)

上槽酒の品質指標の予測にもろみ発酵工程のデータ量が及ぼす影響

下藤 悟 甫木 嘉朗 土居 睦卓 森山 洋憲
明神 真* 山脇 朋泰*

Effect of data volume on prediction of the quality of sake in the fermentation process

Satoru SHIMOFUJI Yoshiro HOKI Tomotaka DOI Hironori MORIYAMA
Makoto MYOUJIN* Tomoyasu YAMAWAKI*

【目的】清酒醸造においてもろみ発酵工程の管理は出来上りの上槽酒の品質に大きく寄与するため重要であり、発酵前や発酵経過に応じて上槽酒の品質指標を精度よく予測できれば品質向上や技術の継承につながる。回帰分析による予測精度を上げる手段として、モデル作成時のデータ件数や説明変数といったデータ量を充実させることが挙げられる。そこで上槽酒の品質指標の予測における実用化に向けた課題を見つけることを目的にデータ件数と説明変数の項目数を変えて予測し、精度の比較検証を行った。

【方法】解析には仕込データ 156 件(R3 酒造年度 55 件, R4 酒造年度 101 件)を用いた。予測精度検証用のデータは R4 酒造年度の終わりから 11 件分とし、モデル作成用のデータは R3 酒造年度の 55 件を基に、残り 90 件のデータを 10 件ずつ加えたものとした。説明変数は 720 項目を発酵開始前、発酵 1・5・10・15・20 日目までに得られるデータの 6 パターンに分割し用いた。目的変数には上槽酒の品質指標(酸度, アミノ酸度, アルコール濃度, グルコース量, 粕の量)を用いた。回帰分析はランダムフォレストを採用した。予測精度は平均絶対パーセント誤差(MAPE)と自由度調整済み決定係数($adjR^2$)を指標とした。

【結果】発酵開始前に得られる説明変数からの予測では、R4 酒造年度の仕込データが加わると一時的に予測精度が低下した。その後データ件数が増えると予測精度が向上し、70 件を超えた辺りで予測精度が安定化した。発酵 20 日目までに得られる説明変数からの予測では、発酵開始前の予測と比べて、酸度とアミノ酸度は R4 酒造年度の仕込データが少ない状態でも予測精度が高くなった。一方でアルコール濃度、グルコース量、粕の量は予測精度が変わらなかった。本解析における予測精度は MAPE が小さい順に、アルコール濃度(MAPE:0.68%, $adjR^2$:0.93)、酸度(MAPE:3.03%, $adjR^2$:0.69)、粕の量(MAPE:3.42%, $adjR^2$:0.80)、アミノ酸度(MAPE:4.81%, $adjR^2$:0.90)、グルコース量(MAPE:11.84%, $adjR^2$:0.85)となった。実用化に向け MAPE:1%程度を目指すなどの課題を整理できた。

(日本食品科学工学会第 71 回大会、令和 6 年 8 月)

* 醇鯨酒造株式会社

清酒の官能評価結果の予測で誤差が大きい試料の特徴の考察

下藤 悟 甫木 嘉朗 土居 睦卓 加藤 麗奈 森山 洋憲

Consideration of the characteristics of samples with large prediction errors in the sensory evaluation results of sake

Satoru SHIMOFUJI Yoshiro HOKI Tomotaka DOI Reina KATO Hironori MORIYAMA

【目的】食品のおいしさを捉える方法として、回帰分析によって官能評価結果を分析値で説明する手法がある。しかし未知の試料に対して回帰モデルを当てはめると誤差が生じる。この誤差が生じる原因を判別し対処することがおいしさをより正確に捉えるための課題と考えている。今回、清酒についての官能評価結果を解析したところ、誤差が大きい試料の特徴を整理できたので、その手順と結果を報告する。

【方法】試料は清酒 466 品を用いた。官能評価は専門員 1 人の評価結果を用いた。項目は総合評価、香り・吟醸香以外の香り・甘味・酸味の強さ、辛口ー甘口・淡麗ー濃醇の程度の 7 項目とした。また自由記述形式で特徴を表すコメントを収集した。説明変数には清酒の品質を表す一般的な分析値 (12 項目) を用いた。さらに特徴量生成により説明変数を補完した。回帰分析にはランダムフォレストを適用した。396 品で回帰モデルを作成し、残りの 70 品で予測精度の検証を行った。予測精度は MAE と adjR² を指標とした。最終的に得られた予測値と実測値についてクラスター分析を行い、誤差の大きい試料の特徴に関してコメントの解析を行った。

【結果・考察】予測精度の平均は MAE 10.98, adjR² 0.50 であった。予測精度の低下の要因となる誤差の大きな試料は特定の評点の間に集中しているといった傾向が確認できた。これらの試料をクラスター分析により分類し、コメントに表された特徴を集計したところ、丸い、キレイ、甘味強い、酸味強い、渋い、欠点香がある、コゲ臭、後味が悪いといった用語が抽出された。予測精度の向上にはこれらの特徴を捉えた分析値を補うことが重要であると示唆された。

(日本調理科学会 2024 年度大会、令和 6 年 9 月)

生産技術課

溝加工溶着爪の開発（第1報）

溶着層の強化

眞鍋 豊士 土方啓志郎 村井 正徳 山崎 優二*1

Development of Cultivation Claws with Groove Processing and Welding

Toyoshi MANABE Keishirou HIJIKATA Masanori MURAI Yuji YAMASAKI*1

農業機械であるトラクターの後部作業機に取り付けられ、回転することにより田畑を耕す耕うん爪は、世界的に大規模農業への転換が加速する中、メンテナンス頻度を格段に減らせる高耐久爪の開発が求められている。そこで、共同研究企業が長年培った溶着工法・圧延技術の組み合わせをベースに新たな『溝加工溶着爪』の開発を行った。

1 はじめに

今回の開発を共同で行った企業は、農業機械に取り付ける耕うん爪の製造において日本のトップシェアを誇る企業である。これまで、共同で原材料や製造方法の改良に取り組んできた。¹⁾ 同社が製造する耕うん爪のバリエーションも多岐にわたり、硬質材料を爪表面に溶着し、長寿命化を図る製品についても既に生産を行っている。ただ、最近の農業の集約、大規模化に伴い、一台のトラクター後部作業機の回転体に多数本(20本~50本程度)を取り付ける耕うん爪のメンテナンス、交換作業は、農業従事者にとって、時間的・金銭的負担が大きい。このことから近年、耕うん爪の更なる長寿命化が求められており、これに対応するために、これまでの生産設備を可能な限り利用し、初期コストの負担が大きくなることを重要な課題の一つとして、今回の製品開発を行った。

ことは、生産設備や製造方法の関係で、難しいことが分かった。そのため、図2に示すような、爪に様々な溝形状を施すことで溶着層の厚みを増大させる方法について評価、検討を行った。



図1 現行の溶着爪

2 現行の溶着爪について

図1のような現在生産をおこなっている溶着タイプの耕うん爪は、溶着を行っていない爪に対し、十分な耐久性を持っている。ただ、今回目標とする長寿命化を達成するために、原料、生産設備、製造方法などについて、一連の見直し、改善対策等の検討を行った。

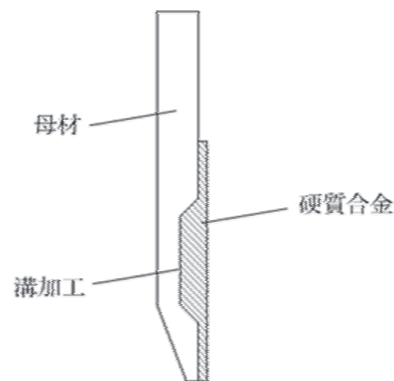


図2 溝加工溶着爪の一例

3 溝加工溶着爪について

現行の溶着爪の耐久性向上の手段として、溶着層の厚みを増大させる方法について検討を行った。現行の爪形状のまま厚みを増大させる

*1 (株)太陽

4 生産設備、製造方法について

現行の生産設備、製造方法による溶着爪への加熱方法について、CAE（コンピューターを用いた設計支援、シミュレーション）複合解析による検討を行った。図3に熱解析結果の一例を挙げる。

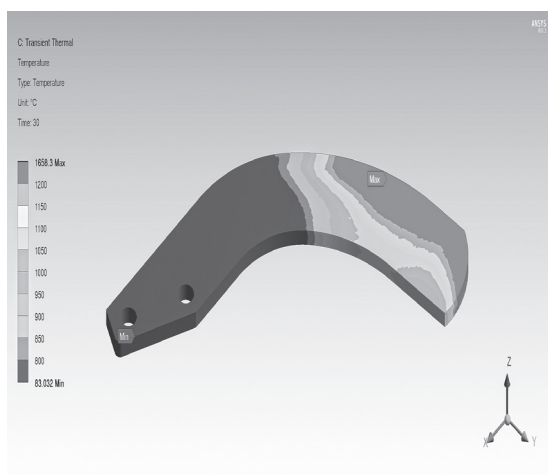


図3 加熱状態の熱解析例

5 結果

- ・溶着層の原料の一部について、従来は行われていなかった加熱処理をすることで、溶着層の強化（長寿命化）を図ることができた。
- ・現行の製造設備の改造や工程の一部を変更することで、溶着層の有効厚みを増大させることが可能な溝形状を決定した。
- ・CAE複合解析により溶着爪への製造工程の生産効率、加熱ムラの低減を図る方法を見つけることができた。

6 まとめ

市場からの要望により、開発を進めた溶着爪の長寿命化について、現時点では当初の目標値には届いていないが、改良製品として市場投入の目処をつけることが出来た。

製造工程の効率化等についてもCAE複合解析により新たな知見を得ることができた。ただ、これを実現しようとするとは大幅な生産設備の改造が必要となるため、コストの面から、設備改造には着手していない。

参考文献

- 1) 眞鍋豊士他：高知県工業技術センター2022 研究開発&企業支援成果報告書、No. 18、(2022) 34-35

代掻き爪の開発（第1報）

CFD を利用した代掻き爪の形状設計法の検討

村井 正徳 眞鍋 豊士 土方啓志郎 上田 竜平*1 三宮 豊章*2

Development of Claws for Puddle Devices to Plough Paddy Fields before Transplanting Rice Seedlings (Part 1)

Testing of Shape Design Method with CFD for Claws of Puddle Devices

Masanori MURAI Toyoshi MANABE Keishirou HIJIKATA Ryuhei UETA*1 Toyoaki SANNOMIYA*1

水を入れた水田で、田植えの前に土塊を砕き、表面を水平にならす作業を代掻きという。農業用トラクターに取り付ける代掻き専用の回転機械が普及している。代掻き専用の回転機械用の攪拌爪（代掻き爪）の開発は、農閑期の圃場を利用した実験が中心であったが、CFD を利用して実験の回数を減らす方法を提案する。

1 はじめに

水田に水を入れた後、田植えの前に土塊を砕き、表面を水平にならす作業を代掻きという。近年では、大規模農業への転換が加速しており、農業用トラクターの後部に取り付ける代掻き専用の回転機械も普及している。今回、共同開発に取り組んだ企業は、農業用トラクターに取り付ける耕うん爪の製造において日本のトップシェアを誇る企業であり、これまで、共同で耕うん爪の改良に取り組んできた¹⁾。同社は、耕うん爪の生産技術を基にして、代掻き専用の回転機械用の攪拌爪（代掻き爪）の開発に取り組んでいる。しかし、後発参入となるため、既存製品と比べ、何らかの長所を有していることが望まれる。代掻き爪の開発は、農閑期の水田を利用した実験が中心となるため開発が進みにくい。そのため既存メーカーの製品も形状がまちまちで、最適な形状は模索中である。ここでは、CFD（Computational Fluid Dynamics: 数値流体力学）を利用した実験の回数を減らす方法を提案する。

2 計算条件の単純化について

代掻き作業用の回転機械は、攪拌用に湾曲した爪を取り付けた長い軸を水平に置いて回転させる。この機構は農業用トラクターに付属する一般耕うん作業用の回転機械と同じである。一般耕うん作業用と代掻き作業用の回転機械の主な相違点は、形状と運転条件であり、形状で差別化して付加価値を生んだと考えられる。特に、代掻き爪の形状は作業の仕上がりに大きく影響すると考

えられ、その最適設計が重要である。

最適形状設計では、CAE（Computer Aided Engineering: コンピューター支援エンジニアリング）を使用して計算機上で現象を再現し、実験回数を減らすことがよく行われている。ところが、農業機械の構造に加えて、水中の草や土塊の扱いなどを考慮して、代掻き作業の仕上がりを計算機上で再現することは非常に難しい。そこで、単純化した条件で流れの状態を求める方法を考えた。本研究では、水中に完全に沈めた代掻き爪を回転させ、流速や圧力分布を確認した。

3 計算モデルについて

研究用に作製した代掻き爪のモデルを図1に示す。代掻き爪の湾曲方向がすべて同じになっていると、ヘリコプターや竹とんぼと同じ原理で、必ず回転軸方向の流れが生じる。このように偏った流れがあると、機械の片側に土が寄った仕上がりになる。これを避けるために、湾曲方向が逆を向くように代掻き爪を組み合わせた。組み合わせ方は多数あるが、ここでは、図1のように回転軸の反対側に取り付けた2枚1組を基本構造として考えた。

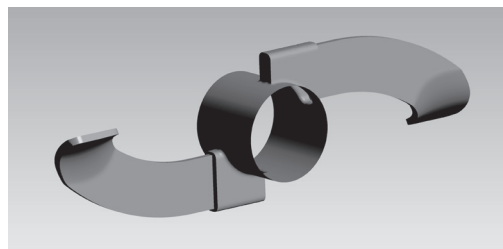


図1 代掻き爪が2枚の計算モデル

*1 高知県商工労働部工業振興課

*2 (株)太陽

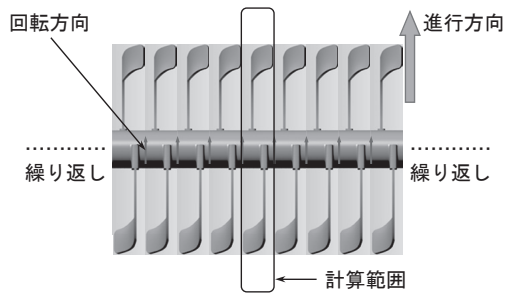


図2 代掻き爪2枚1組のモデルの計算範囲



図3 代掻き爪4枚1組のモデル

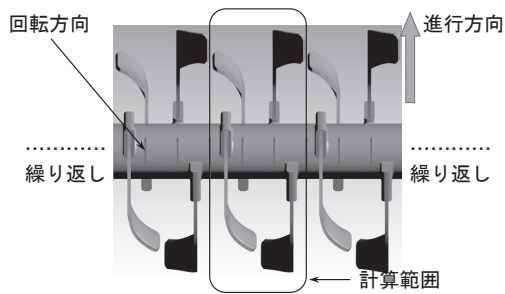


図4 代掻き爪4枚1組のモデルの計算範囲

次に、図1に示した形状の代掻き爪を同じ方向に多数並べた図2のような配置を考えた。この場合、流れの状態が繰り返しになるので、計算範囲は代掻き爪の1組分とその上・下流のみとなる。しかし、図2に示したような爪が一行に並んだ配置の装置はあまり存在しない。そこで比較のため、図1に示した代掻き爪2枚のモデルに、同じものを90度回転させてつけた図3のモデルも考えた。これを多数並べると図4のようになり、計算範囲は、図1の代掻き爪2枚1組のモデルと比べて2倍の大きさになった。

これらをCAEを使用して計算するために、機械の進行状態は固定したメッシュ上に相対速度を用いて表した。その際、軸位置は固定とし、入口と上下の境界面には進行方向と逆向きの流れを

与えた。回転メッシュは軸及び代掻き爪の近くに限定し、出口の圧力は0とした。固定メッシュと回転メッシュ間のメッシュの不連続部は、CFDソフトウェアにより自動的に処理された。その際、乱流モデルには一般的なk-εモデルを採用し、解析ソフトには、ANSYS Fluent 19.2を使用した。

4 結果

流線の解析結果を図5に示す。代掻き爪が2枚の場合と4枚の場合の両方で、代掻き爪の周辺に発生する下向きの流れや上向きの流れは似たような傾向となった。代掻き爪2枚の場合、代掻き爪の先端付近に大きな回転流があり、軸付近への流れ込みは少ない。一方、代掻き爪4枚の場合、代掻き爪の近くが非常に複雑な流れになった。渦や蛇行の発生場所には、カバーを設置した機械が多く、この場所が空気中と異なる運転条件の場合も多い。このため、圃場実験でこのような流れになることは少ないと考えられる。同条件の模型実験でも同様の流れが再現されると考えられる。

代掻き爪の近くの流速の分布を詳細に見ると、図6のようになった。代掻き爪が2枚の場合、爪の先端付近のみ流速が大きく、回転軸近傍は流速が小さい。4枚の場合、爪の先端付近だけでなく、

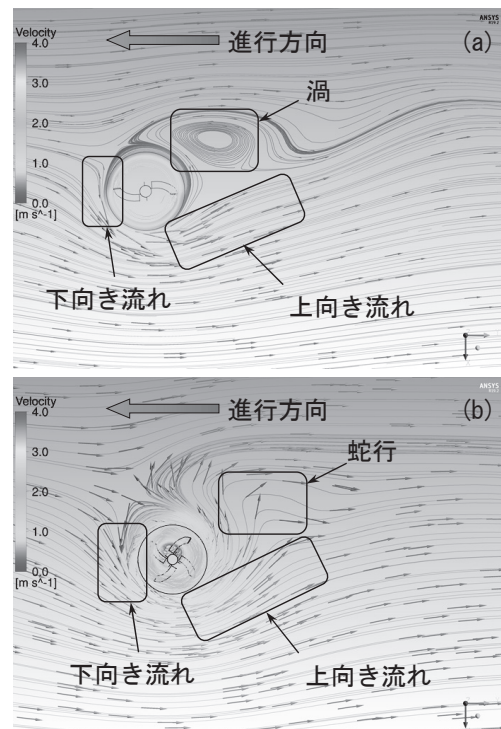


図5 解析結果(流線)
(a)代掻き爪2枚 (b)4枚

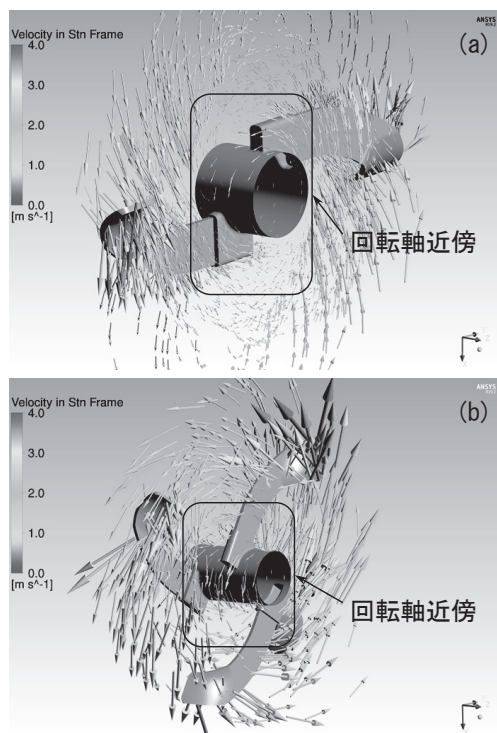


図6 代掻き爪の近くの流速分布
(a)代掻き爪2枚 (b)4枚

回転軸の近傍にも速い流れが発生している。この違いは、代掻き爪の配置のみの影響で生じている。

代掻き爪と軸の表面での圧力分布は図7のようになった。代掻き爪の先端付近に高圧の場所があり、その裏面が負圧となった。この傾向は、代掻き爪2枚と4枚の場合で同じである。

5 考察

これまでの解析結果は、研究用モデルのものである。本稿では、代掻き爪が2枚と4枚の場合の解析結果の違いと、より少ない枚数で簡単に特性を評価する方法について考察する。

代掻き爪の形状が同じでも、配置を変更すると、図6のように代掻き爪の近くの流れが大きく変わる。このため、圃場での仕上がり状態まで計算機上で再現しようとする、代掻き爪の配置やその他機械の構成、周辺の環境を含めた大規模な解析が必要なことが予想される。

代掻き爪の形状を変更したときの流れへの影響をより正確に知りたいときには、代掻き爪配置を今回の解析よりも多く組み合わせて、実際の機械に近づけたモデルの利用も考えられる。また、初期検討時に簡単な解析で、代掻き爪特性を評価したいときには、圧力分布の解析結果を利用して

もよい。模型実験も組み合わせて行えば、より詳細な検討が可能である。また、これまでの圃場実験で得られた知見と解析結果を比較することで、新たな知見が得られると考えられる。

6 まとめ

代掻き爪の最適形状の検討方法として、圃場実験に加えて、CFDを利用する方法を提案した。

今後は、解析結果と模型実験や圃場実験での結果を比較検証し、計算精度を上げる予定である。

参考文献

- 1) 眞鍋豊士他：高知県工業技術センター
2022 研究開発&企業支援成果報告書、
No. 18、(2022) 34-35

伝導系 EMC 試験治具の日常点検における NanoVNA 活用の検討

島内 良章 刈谷 学

Feasibility Study on Daily Inspection of Conducted EMC Test Jigs Using a NanoVNA

Yoshiaki SHIMANOUCHI Manabu KARIYA

伝導系 EMC 試験で使用する試験治具の日常点検を目的として、安価に入手可能なオープンソースのネットワークアナライザである NanoVNA を用いて周波数特性を測定し、前回校正値を真値として比較した。測定対象は、伝導妨害試験で使用する擬似電源回路網 (AMN) 及び伝導性イミュニティ試験で使用する結合・減結合回路網 (CDN) で行った。

その結果、AMN のインピーダンスでは、測定周波数 150kHz~3MHz では一致したが、3~30MHz で誤差が大きくなった。電圧分割係数 (VDF) は一定の誤差が生じ、アイソレーションは関係性が見られなかった。CDN のコモンモードインピーダンスは、20MHz 以上で誤差が大きくなった。これらの誤差が今後も一定の傾向で変動するかは継続的な測定が必要であるが、前回測定値との比較によって測定系に変化が生じてないかを点検する方法として有効である可能性が示唆された。

1 はじめに

電気・電子を利用した製品は、製品自体からのノイズ輻射の低減、そして外部環境からのノイズに対して誤動作がなく耐性を持つこと、すなわち電磁両立性 (EMC) への対応が求められている。国内では、電気用品安全法等での規制や JIS 規格等で試験方法が定められており、事業者はこれらを試験で確かめる必要がある。EMC 試験では、試験セットアップや製品の動作状態によって結果が異なる場合があり、再現性の確保が課題となっている。そして、試験所間における結果のばらつきを抑えるため、電源インピーダンスの安定化を図る擬似電源回路網 (AMN) をはじめ、各規格において専用の試験治具が規定されている。

当センターでは、令和 4 年度に伝導 EMC 試験システムとして、伝導妨害試験及び伝導性イミュニティ試験を導入した。伝導妨害試験の日常点検では、擬似ノイズを発生させるコムジェネレータを擬似電源回路網 (AMN) に接続のうえ、妨害波測定用受信機の EMI レシーバで測定し、前回測定値との差異を確認している。一方で、日常点検で問題が生じた場合、当センターはネットワークアナライザを保有しておらず、測定系のどこに問題があるか障害の切り分けが困難で、外部に校正依頼するしか方法がなかった。

一般的にネットワークアナライザは高額であるが、近年、オープンソース・プロジェクトとして開発された NanoVNA が、量産化され一万円台で購入可能であり技術雑誌等で注目を集めている¹⁻²⁾。

そこで本報告では、EMC 試験治具の日常点検を目的に、安価に入手可能なネットワークアナライザ

NanoVNA を用いて測定し、前回校正値と比較を行い、点検ツールとしての可能性を検討した。

2 実験方法

2.1 NanoVNA での測定

この実験は、NanoVNA の派生品である NanoVNA-H4 及び制御ソフトの NanoVNA-App を用いた。各特性の測定のためセットアップ及び測定を行い、S パラメータ (S_{11} , S_{21}) が記録された touchstone ファイルを収集し、Python で計算した。

2.2 擬似電源回路網 (AMN) の測定

擬似電源回路網 (以下、AMN とする。) は、伝導妨害試験で使用され、試験機に供給する電源インピーダンスを安定化させ、妨害波測定用受信機へ適切な妨害波電圧を入力するための試験治具である。

CIRPR16-1-2 規格では、インピーダンス (振幅、位相角)、アイソレーション及び電圧分割係数 (VDF) について要求がある。実験では、これらの値について、上記規格に準拠した Rohde & Schwarz 製の ENV216 を対象に、ハイパスフィルタ及びリミッタを動作状態で、150kHz から 30MHz まで NanoVNA を用いて測定した。総務省のサイト³⁾を参考にセットアップを行い測定後、次のとおり計算し、これを測定値とした。AMN の特性を測定するために、電気プラグの差込み金属部分を流用し、図 1 に示す測定治具を試作した。

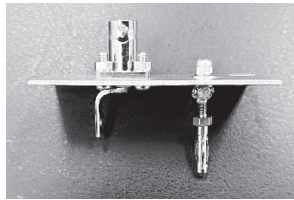


図1 AMNの測定治具

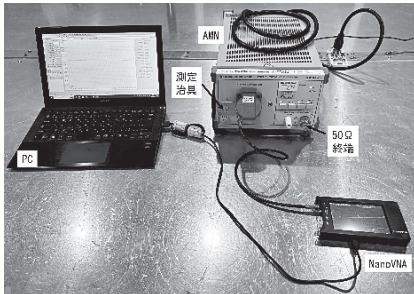


図2 AMNの測定セットアップ

・インピーダンス

NanoVNAのポート1とAMNのEUTポートを測定治具を用いて接続し、反射係数 S_{11} を測定した。測定セットアップを図2に示す。

S_{11} から複素インピーダンス $R+jX$ への変換は式(1)で行った。ここで Z_0 は、50Ωである。

$$Z=Z_0 \frac{1+S_{11}}{1-S_{11}}=R+jX \quad (1)$$

式(1)より、インピーダンスについて振幅 $|Z|$ は式(2)、位相角 θ は式(3)で求めた。

$$|Z|=\sqrt{R^2+X^2} \quad (2)$$

$$\theta=\tan^{-1} \frac{X}{R} \quad (3)$$

・電圧分割係数

NanoVNAのポート1を測定治具と10dBの減衰器を介してAMNのEUTポート、ポート2を10dBの減衰器を介してAMNのRF出力に接続した。これにより伝達係数を S_{21} を測定し、式(4)で変換した値 $S_{21(\text{dB})}$ を用いた。

$$S_{21(\text{dB})}=20\log_{10}\sqrt{\{\text{Re}(S_{21})\}^2+\{\text{Im}(S_{21})\}^2} \quad (4)$$

・アイソレーション

NanoVNAのポート1とAMNのEUTポートを測定治具を用いて接続し、ポート2はAMNの電源入力プラグに接続した。これにより、伝達係数 S_{21} を測定し、式(4)で変換した値 $S_{21(\text{dB})}$ を用いた。

2.3 結合・減結合回路網 (CDN) の測定

結合・減結合回路網 (以下、CDN とする。) は、伝導性イミュニティ試験で使用され、試験器から出力

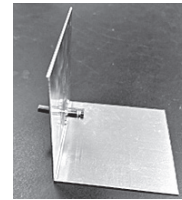


図3 CDNのインピーダンス測定治具

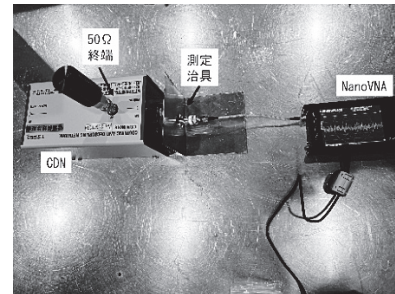


図4 CDNの測定セットアップ

されるノイズ信号を、試験機に供給する電源などに電氣的に結合させ、かつ供給側にはノイズ信号が漏れないようにする試験治具である。JISC 61000-4-6規格では、コモンモードインピーダンス値の要求がある⁴⁾。実験では、この値について、上記規格に準拠したTESEQ製CDN M016を、150kHzからメーカー仕様の230MHzまでNanoVNAで測定した。図3の自作した測定治具を用いて、NanoVNAのポート1とCDNのEUTポートを接続し、反射係数 S_{11} を測定した。AMNのインピーダンス測定(2.2参照)と同様に、式(1)及び(2)より、コモンモードインピーダンス値を求め、これを測定値とした。

3 実験結果

3.1 AMN

図5にAMNのインピーダンス(振幅、位相角)、VDF及びアイソレーションの測定結果を示す。上のグラフはNanoVNAの測定値と付属の図A.1に示す前回校正値⁵⁾、下のグラフは前回校正値を真値とした測定値との誤差を示す。表1は、測定値と前回校正値の誤差の最大値及びその周波数を示す。校正値の測定周波数で誤差を求めるために、NanoVNAで測定開始周波数0.15MHz、終了周波数32.15MHz、測定ポイント数3201点で設定し、0.01MHz刻みで測定した。

図5(a)のインピーダンスの振幅は、10MHz以降で誤差が大きくなり、図5(b)の位相角はより低い3MHzを超えた辺りから誤差が生じた。NanoVNAの測定値は虚数部の誘導性リアクタンスが大きく、位相角での誤差が顕著に現れた。測定では、図1の測定治具とNanoVNAを接続するため測定治具のコネクタ部を

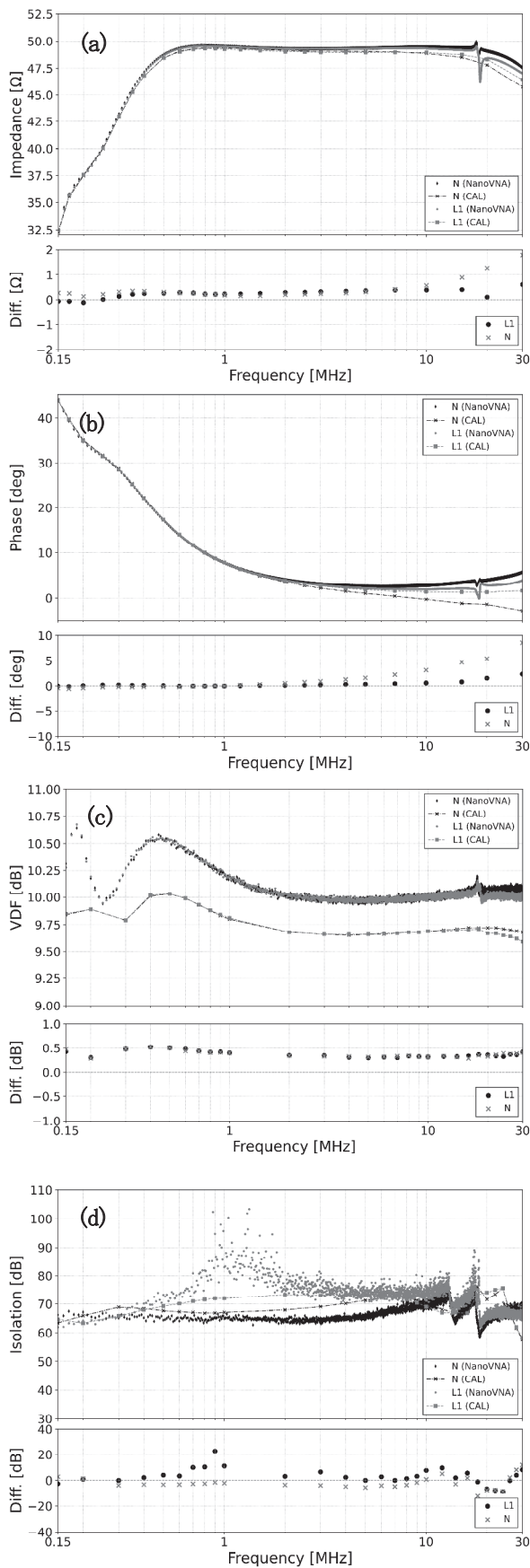


図5 AMNのインピーダンス測定結果と差異

(a) インピーダンス (振幅)、(b) 位相角、(c) 電圧分割係数及び(d) アイソレーション

表1 校正値との誤差

測定項目	最大誤差(N相)	最大誤差(L1相)
インピーダンス (振幅)	1.79 Ω @30 MHz	0.60 Ω @30 MHz
位相角	8.55 deg @30 MHz	2.32 deg @30 MHz
電圧分割係数 (VDF)	0.52 dB @0.4 MHz	0.52dB @0.4 MHz
アイソレーション	-12.31 dB @18 MHz	22.71 dB @0.9 MHz

測定基準面としたが、正式な校正ではEUTポート側を基準に取ったことが推定され、この違いがインピーダンスの虚数部の誤差につながったと考えられる。

図5(c)のVDFは、0.2MHzあたりの共振点が異なっているが、変化の傾向は同じで0.5dB程度で一定の誤差があった。

図5(a)、(b)及び(c)から、NanoVNAで測定した値は18MHz付近で共振点がある。校正においても、その前後の周波数が代表値に含まれておらず正確な値は不明であるが、図A.1の校正結果のグラフには同様の共振点があった。

図5(d)のアイソレーションは、NanoVNAと校正値の関係性が見られず、40dB以上の規格要求を満たしていることしか把握できなかった。電源入力側のケーブルの取り回し等の試験セットアップに、校正時との差異があったと考えられる。

3.2 CDN

図6にCDNのコモンモードインピーダンスの測定結果を示す。比較対象として、試験成績書のグラフを画像処理で数値化したことにより、変換精度が不明であり誤差のグラフは示していない。AE側の開放あるいは短絡の状態ではインピーダンスに変化がなく、開放の状態では測定した値を示す。NanoVNAで測定開始周波数0.15MHz、終了周波数230MHz、測定ポイント数401点で設定し、0.57MHz刻みで測定した。

測定結果は、複数のピークがあるCDN-M3がCDN-M2より誤差が大きく、周波数が20MHz以上になると、誤差が大きくなった。原因としては、SMAからBNCの変換プラグを利用し、校正時と測定基準面が異なり、誤差が生じたと考えられる。

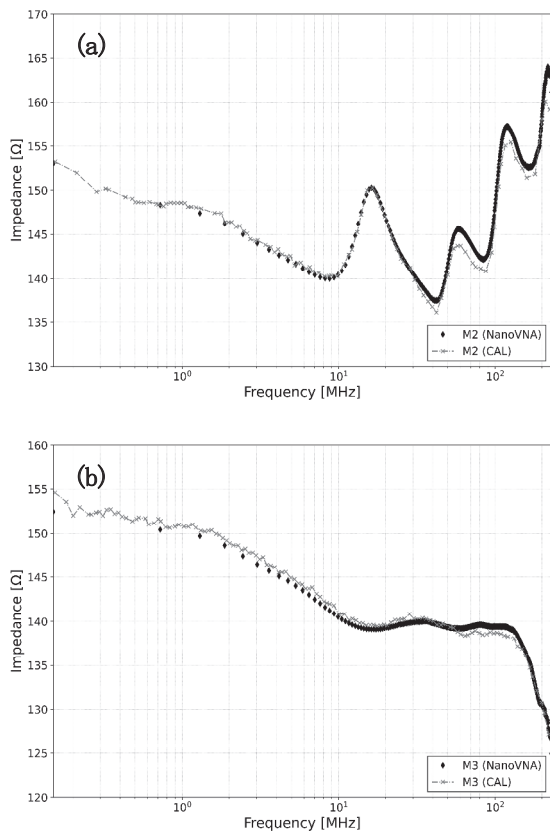


図6 CDNのコモンモードインピーダンス測定結果
(a) CDN-M2、(b) CDN-M3

4 まとめ

NanoVNAを用いて当センターで使用しているEMC試験治具のAMN及びCDNの特性を測定し、前回校正値と比較した。AMNのインピーダンスは、測定基準面の違いで誘導性リアクタンスが大きくなったと考えられ、誤差が大きくなった。一方で、試験時に妨害波測定用受信機の読み値に加算されるVDFも、一定の誤差があった。CDNのコモンモードインピーダンスは、20MHz以上から誤差大きくなった。

これらの誤差は、NanoVNAの性能にも由来すると考え、別機関で今回と同じセットアップで測定したところ、NanoVNAでの測定と概ね一致した。そのため、基準面の取り方など測定セットアップに問題が大きいと考えられる。通常、測定セットアップの詳細は各校正機関のノウハウで公開されていない部分もあり、当センターとして測定治具等のセットアップ方法を確定させたうえで、継続して誤差の傾向を観察していく。この方法で、誤差傾向を把握することは、測定系の日常点検として有用であり、当センターのEMC試験の信頼性確保につながると考える。

謝辞


本取組に際してご意見をいただいたかがわEMC技術研究会 EMC試験品質向上検討会の会員の皆様に深謝いたします。

参考文献

- 1) 高橋知宏：RFワールド、52、(2020)8-25
- 2) 高橋知宏、川藤光裕：トランジスタ技術、7、(2022)40-44
- 3) 令和3年度 情報通信審議会答申、諮問第3号「国際無線障害特別委員会(CISPR)の諸規格について」のうち「無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件補助装置-伝導妨害波-」、総務省電波利用ポータル、2022年2月、
<http://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/inter/cispr/hyousi/c16-1-2.pdf>、(参照2025.7.16)
- 4) JIS C61000-4-6 (電磁両立性-第4-6部：試験及び測定技術-無線周波電磁界によって誘導する伝導妨害に対するイミュニティ) (2017)
- 5) インターテックジャパン株式会社、校正証明書(2024)、1-6 (本報告書に掲載)


A. 1 AMN の校正証明書

本報告で NanoVNA の測定値と比較した AMN の校正証明書を図 A.1 に示す。



校正証明書
Certificate of Calibration

Certificate No. JC24070495




依頼者 Customer : 高松県工業技術センター
所在地 Address : 高松県高松市有徳田3992-3
機器名称 Instruments : LISN
製造者 Manufacturer : Rohde&Schwarz
型番 Model No. : ENV216
製造番号 Serial No. : 101534

校正日 Calibration Date : Jul. 26, 2024
発行日 Date of Issue : Jul. 26, 2024
証明書番号 Certificate No. : JC24070495
温度 Temperature : 26 Degree C
湿度 Humidity : 37 % RH
校正方法 Calibration Procedure No. : LEN-RJP-CA012

備考 Note :


Intertek Japan K.K. certifies that the above instrument was calibrated in accordance with applicable section of our Quality manual and the calibration procedure referenced in this report, unless stated otherwise. This certificate shall not be used to claim product certification, approval, or endorsement by NVLAP, NIST, or any agency of the U.S. Government.
この証明書は、特に記載がある場合を除き、弊社の品質マニュアルの該当するセクションおよびこの報告上で参照される校正手順に従って校正されたことを証明するものです。
そのため、NVLAP、NIST、または他の米国政府機関による承認証、承認、または保証を意味するものではありません。



Takeshi Yamana
Laboratory Manager

Approved Signatory

The Calibrations on measurements covered by this document, have been performed in accordance with NVLAP requirements which indicate the requirements of ISO/IEC 17025 and are traceable to national standards of measurement. This document shall not be reproduced, except in full.
この証明書は NVLAP により校正された機器、または認定された試験所として ISO/IEC 17025 に基づく測定標準のトレーサブルな標準値により校正された結果を示すものです。本、証明書の一部分のみを断片して複製することをお断いします。



Intertek Japan K.K. Calibration Department Kashima Laboratory
3-2, Sunayama, Kamisu-shi, Ibaraki-ken, 314-0255 Japan

© 2024 Intertek

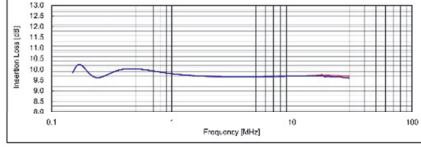
1/0

LFT-FJP-CA006-N016(2.5)

1. Insertion Loss (VDF), CISPR 16-1-2 Ed.2.1
1.1. US Type 150kHz HP ON LIMITER ON

Certificate No. JC24070495

Frequency [MHz]	Insertion Loss [dB]		Remarks
	N	L1	
0.150	9.84	9.85	
0.200	9.89	9.89	
0.300	9.79	9.79	
0.400	10.01	10.02	
0.500	10.03	10.03	
0.600	9.99	9.99	
0.700	9.93	9.93	
0.800	9.88	9.88	
0.900	9.83	9.84	
1.000	9.80	9.81	
2.000	9.68	9.68	
3.000	9.66	9.66	
4.000	9.65	9.66	
5.000	9.66	9.66	
6.000	9.66	9.67	
7.000	9.67	9.67	
8.000	9.68	9.68	
9.000	9.68	9.68	
10.000	9.69	9.69	
12.000	9.70	9.69	
14.000	9.71	9.70	
16.000	9.72	9.70	
18.000	9.72	9.71	
20.000	9.72	9.67	
22.000	9.72	9.67	
24.000	9.71	9.65	
26.000	9.70	9.64	
28.000	9.69	9.62	
30.000	9.68	9.59	



Insertion Loss [dB] vs Frequency [MHz]

© 2024 Intertek

3/0

LFT-FJP-CA006-N016(2.5)

校正結果
Calibration Report

Certificate No. JC24070495

機器名称 Instruments	: LISN
製造者 Manufacturer	: Rohde&Schwarz
型番 Model No.	: ENV216
製造番号 Serial No.	: 101534
校正日 Calibration Date	: Jul. 26, 2024
校正場所 Calibration Place	: Calibration room
備考 Note	:


No.	Category/Standard / Calibration method	Results
1	Insertion Loss (VDF), CISPR 16-1-2 Ed.2.1	Pass
2	Impedance, CISPR 16-1-2 Ed.2.1	Pass
3	Phase, CISPR 16-1-2 Ed.2.1	Pass
4	Isolation, CISPR 16-1-2 Ed.2.1	Pass

Remarks: In making the decision(s) regarding the compliance of the submitted item(s) with the stated standard, the uncertainty of the individual measurement(s) was not taken into account.
規格の要求を満たしているかの判定を行った際、個々の測定不確かさは考慮していません。

Condition of DUT : Good 良好

Calibration Uncertainty (Reported uncertainties represent expanded uncertainties expressed at approximately 95% confidence level using a coverage factor of k=2.)			
1	Insertion Loss (VDF)	9 kHz to 30 MHz	0.50 [dB]
2	Impedance	30 MHz to 200 MHz	0.44 [dB]
3	Phase	9 kHz to 30 MHz	1.4 [%]
4	Isolation	30 MHz to 200 MHz	6.6 [%]

Instrument	Manufacturer	Model No.	Serial No.	Expiry Date	Calibrated by
Network Analyser	Agilent	E5061B	MY4220345	May 2025	Keylight
Cal. Kit	Agilent	85032P	MY41495214	Sec. 2025	Keylight
Terminator 50Ω	Mini-Circuits	STRM50-1	None	Mar. 2025	100-tan
Attenuator 10dB	SUNNER	8510.01A	None	Mar. 2025	100-tan
Attenuator 10dB	SUNNER	8510.01A	None	Mar. 2025	100-tan



Calibrated by

© 2024 Intertek

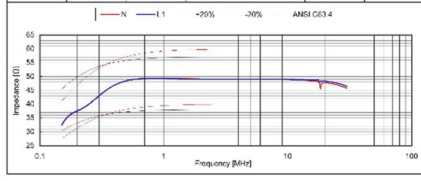
2/0

LFT-FJP-CA006-N016(2.5)

2. Impedance, CISPR 16-1-2 Ed.2.1 / ANSI C63.4-2014+ANSI C63.4a-2017
2.1. US Type 150kHz HP ON LIMITER ON

Certificate No. JC24070495

Frequency [MHz]	Impedance [Ω]		Limits [Ω]	Remarks
	N	L1		
0.150	32.30	32.45	27.43 - 41.15	
0.170	35.56	35.70	29.20 - 43.80	
0.200	37.48	37.58	31.30 - 46.94	
0.250	40.00	40.07	33.74 - 50.62	
0.300	42.92	42.97	35.34 - 53.00	
0.350	45.23	45.25	36.42 - 54.62	
0.400	46.81	46.81	37.17 - 56.75	
0.500	48.46	48.43	38.12 - 57.18	
0.600	49.07	49.01	38.66 - 58.00	
0.700	49.28	49.22	39.01 - 58.51	
0.800	49.37	49.30	39.23 - 58.85	
0.900	49.35	49.28	39.30 - 59.00	
1.000	49.34	49.26	39.50 - 59.26	
1.200	49.30	49.20	39.66 - 59.48	
1.500	49.21	49.11	39.78 - 59.66	
2.000	48.11	49.01	39.87 - 59.81	
2.500	48.07	48.98	39.92 - 59.88	
3.000	49.05	48.96	39.91 - 59.92	
4.000	49.03	48.95	39.97 - 59.95	
5.000	49.02	48.90	39.98 - 59.98	
7.000	48.99	48.96	39.99 - 59.99	
10.000	48.86	48.93	39.99 - 59.99	
15.000	48.49	48.75	40.00 - 60.00	
20.000	47.80	48.31	40.00 - 60.00	
30.000	45.75	46.43	40.00 - 60.00	



Impedance [Ω] vs Frequency [MHz]

© 2024 Intertek

4/0

LFT-FJP-CA006-N016(2.5)

図 A.1 校正証明書の写し (次ページに続く)

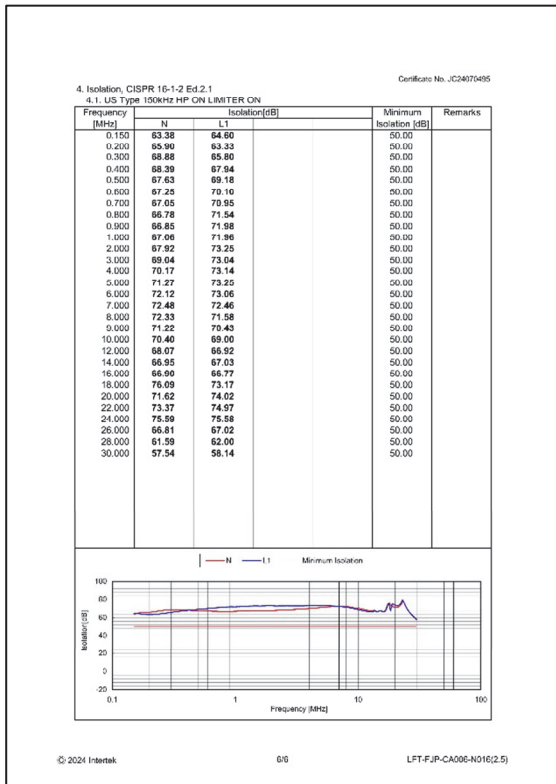
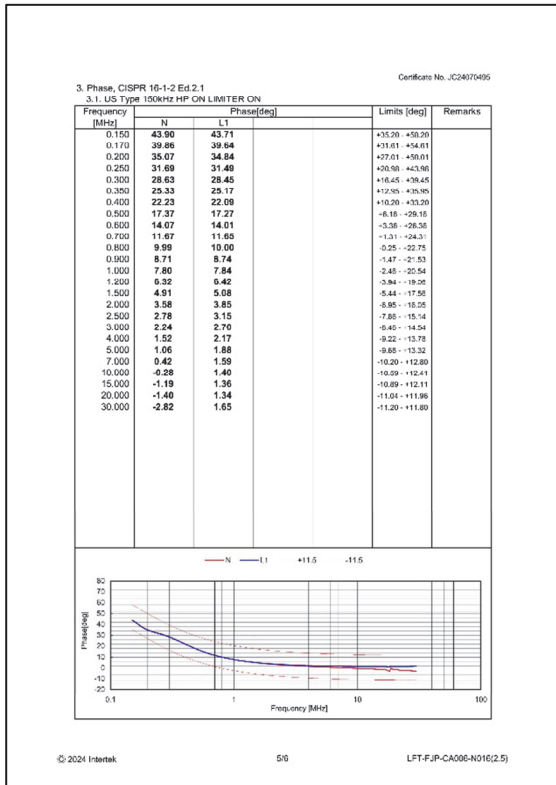


図 A.1 校正証明書の写し

既設計器の IoT 化を支援する 7 セグメント OCR カメラの設計と評価

中澤 亮太

Design and evaluation of a 7-segment OCR-based camera system for IoT integration of legacy meters

Ryota NAKAZAWA

本研究では、既設の 7 セグメント表示器を対象に、非接触で数値を読み取る AI カメラシステムを構築した。軽量の CNN モデルにより高精度な文字認識を実現し、モデルの量子化によって Raspberry Pi 上でのリアルタイム処理 (30fps) も達成した。学習には合成画像と実画像を組み合わせたデータセットを用い、動的表示環境での評価では正解率 89.5% を達成した。本システムは、既設設備に対して低コストかつ非接触での情報取得を可能とし、現場の省人化とデジタル化を支援する有効な手段となることが期待される。

1 はじめに

工場やインフラ現場において、温度・圧力・流量・電力などを表示する計器には、現在でも 7 セグメント型のアナログ表示器が多数用いられており、これらの値は多くの場合、作業員による目視点検によって記録・管理されている。しかしながら、少子高齢化や人材不足といった社会的背景に加え、労働安全・作業効率の観点から、こうした定期的な巡回点検の省人化・無人化を求める声が高まりつつある。

このような背景のもと、既設設備の情報をデジタル化する手段として、画像処理を用いた OCR

(Optical Character Recognition) 技術が注目されている。特に、設備そのものの構造や機能を変更せずに、非接触に表示内容を取得できる AI カメラは、設備改修コストや安全性、互換性の問題を回避できる手段として、有効である。しかし、実際の現場環境では、照明条件の変動、表示器の汚れや劣化、カメラの設置角度による歪みなど、画像認識に不利な要因が多く、従来のテンプレートマッチングやルールベースの画像処理では安定した読み取りが困難な場合が多い。

本報告では、7 セグメント表示器に対して適用可能な OCR カメラを開発し、軽量のエッジデバイス上で動作する CNN ベースの文字認識モデルと、桁ごとの領域分割処理を組み合わせたシステム構成を提案する。さらに、照明変更や文字形状のばらつきに対応できるように、画像前処理やデータ拡張を導入した学習を行い、テスト環境における認識精度および処理性能の評価を通じて本手法の有効性を検証する。

2 システム構成と方法

2. 1 ハードウェアおよびシステム全体構成

本システムは、工場やインフラ設備に設置された 7 セグメント表示器を非接触で読み取るための AI カメラである。既設設備の改造を必要とせず、設置性と経済性に優れた構成とすることで、点検業務の自動化及び IoT 化の実現を目的とした。

画像取得には ELECOM 製の USB カメラ (UCAM-C820ABBK) を使用しており、対象の表示器から 20~30cm の距離に設置されることを前提に、固定撮影が可能なマウント機構とともに運用される。

推論処理を担うデバイスには、Raspberry Pi 4 Model B (4GB) を採用した。OS には軽量の Linux ディストリビューションを導入し、画像取得から OCR 処理までを一貫してローカル環境で実行する構成とした。この構成により、ネットワーク接続が制限される環境でも安定した運用が可能となる (図 1)。



図 1 システム構成

認識結果は、数値データとしてタイムスタンプ付きでローカルストレージ（例：CSV ファイル）に保存される仕様であり、外部サーバとのリアル通信は行っていない。必要に応じて、物理的なメディアの回収や定期的なファイル取得によって、データを点検ログとして活用できるようになっている。

2. 2 OCR モデルの設計と学習

2. 2. 1 CNN ベースの分類モデル

本システムにおける7セグメント表示器の文字認識は、各文字画像を1桁ずつ切り出し、それぞれをクラス分類問題として解くことで実現している。対象とするクラスは、「0」～「9」の10種類に加えて、「-」（ハイフン）及び「表示なし（全消灯）」を含めた12クラスである。

本システムでは、分類精度とエッジ端末での実行性能の両立を目的として、軽量な畳み込みニューラルネットワーク（CNN）である MobileNet をベースモデルとして採用した。ImageNet で事前学習された重みを用いて転移学習を行い、TensorFlow の Keras API によりモデル構築・学習を実施した。出力層は12ユニットのソフトマックス関数で構成される。

2. 2. 2 学習データセットの構築

学習には、インターネット上に公開されている実画像データセットと OpenCV により作成した合成画像データセットの2種類を使用した。実画像データセットは、2種類の7セグメント表示器を撮影したもので、「0」～「9」及び「表示なし」に対応する計42000枚の画像が含まれている。一方、合成画像データセットは、OpenCV の描画関数を用いて疑似的に作成したもので、「0」～「9」、「-」及び「表示なし」に対応する計48000枚の画像が含まれている。これらを統合し、合計90000枚の画像を学習用と検証用に3：1の比率で分割して学習に用いた。



図2 データセット例
(左) 実画像 (右) 合成画像

2. 2. 3 データ拡張

過学習を防ぎ、汎化性能を高めるため、Python の Albumentations ライブラリを使用してデータ拡張

を実施した。表1に使用した主な拡張手法を示す。これらの処理をランダムに組み合わせ、各学習エポックにおける入力画像を動的に変化させた。

表1 使用した主な拡張手法

使用関数名	主な処理内容
ShiftscaleRotate	画像の平行移動、拡大縮小、回転
GaussianBlur	動きによるブレの追加
RandomBrightnessContrast	明るさ・コントラストのランダム調整
CoarseDropout	一部領域を欠損させ、部分的なマスクやノイズを模擬

2. 2. 4 学習設定

損失関数にはカテゴリカル・クロスエントロピー (categorical cross-entropy) を採用した。これは、多クラス分類問題において一般的に用いられる損失関数であり、正解ラベルとモデルの出力確率分布との間の情報量の差 (エントロピー) を計算するものである。本報告における OCR タスクは、「0」～「9」、「-」及び「表示なし」の12クラス分類問題であるため、この損失関数が適している。

モデルの性能評価には、正解率 (accuracy) を指標として用いた。正解率は、全予測に対して正しく分類されたサンプルの割合を示す基本的な評価指標であり、モデルの全体的な識別能力を把握するのに有効である。

学習の最適化には、確率的勾配降下法 (Stochastic Gradient Descent) を用いた。この手法は、大規模データに対して効率的な学習が可能であり、学習率の調整によって損失関数の収束性を制御できる特長を持つ。

さらに、学習過程の制御と過学習の防止を目的として、以下の学習スケジューリング手法を導入した。
・検証損失の改善が一定期間見られなかった場合に学習率を自動的に減少させる機構 (いわゆる「学習率減衰」) を導入し、局所的な最適解に留まらず、より良好な解への到達を支援した。

・検証損失が所定のエポック数にわたり改善しない場合に学習を打ち切る早期終了の機構 (early stopping) を組み込み、過学習の防止と学習時間の短縮を図った。

2. 2. 5 モデルの軽量化

学習済みモデルは、エッジデバイス上でのリアル

タイム動作を想定し、TensorFlow Lite を用いて量子化を施すことで軽量化を行った。量子化とは、モデル内部の重みやアクティベーションのデータ型を32ビット浮動小数点から8ビット整数などに変換する手法であり、モデルサイズの削減や推論速度の向上、消費電力の低減といった利点がある。これにより、計算資源の限られたデバイスにおいても、高速かつ効率的なOCR処理が可能となっている。

3 結果および考察

3.1 モデルの分類精度

本研究で開発した7セグメントOCRモデルの分類性能を評価するため、学習時の精度および損失の推移、ならびに検証データに対する混同行列を用いた分析を行った。

図3は学習および検証におけるAccuracy (正解率)の推移を示す。おおよそ5エポック以内で検証精度は97%を超えて安定化し、過学習の兆候も見られないことから、十分な汎化性能が得られていることがわかる。最終的な検証精度は約99%に達しており、非常に高い分類性能を示している。

図4はLoss (損失関数の値)の推移であり、学習と検証の双方で一貫して低下傾向を示し、特に検証損失はエポック5以降で0.05以下に収束している。これらの結果は、学習が安定しており、学習・検証ともにバランスよく精度が向上したことを示している。

さらに、図5に示す混同行列をもとに詳細な誤分類の傾向を分析した。各クラスにおける正解件数はほぼ最大に近く、分類ミスは極めて少ない。特に「0」～「9」の数字と「- (クラス10)」、「表示なし (クラス11)」を含む全12クラスにおいて、誤認識の多くは隣接クラス間 (例: 「5」と「6」、「1」と「7」) に集中している傾向が見られた。これは、7セグメント特有のフォント類似性や表示器の個体差による影響が考えられる。

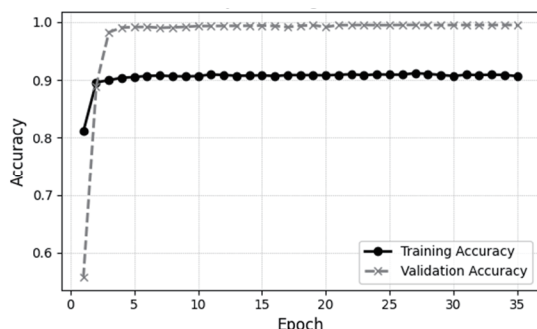


図3 学習・検証におけるAccuracyの推移

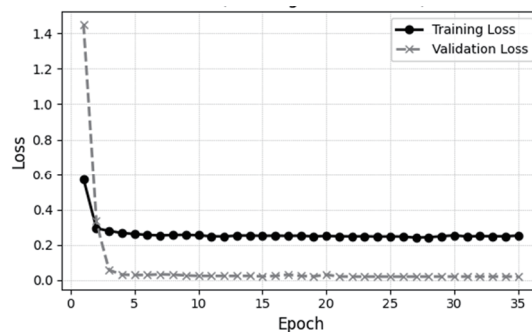


図4 学習・検証におけるLossの推移

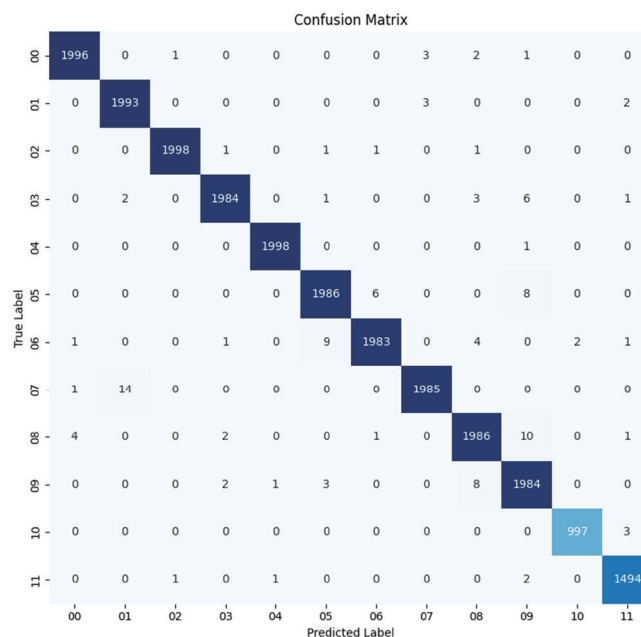


図5 検証データにおける混同行列

3.2 エッジデバイスにおける推論性能

学習済みモデルはTensorFlow Liteにより8ビット整数量子化を施し、モデルの軽量化および高速化を実現した。この量子化モデルをRaspberry Pi 4上に実装し、USBカメラから取得されるリアルタイム映像に対して7セグメント表示の識別を行った。

その結果、量子化モデルでは30fps (1フレームあたり約33ミリ秒)でのリアルタイム推論が可能であった。一方、非量子化モデルでは約1.6fpsに留まり、リアルタイム処理には適さない性能であった。(表2)

この結果より、量子化によって推論速度が約18倍に高速化されたことが確認できる。これはエッジデバイスにおける実時間処理を成立させるうえで非常に有効であり、消費電力や計算資源の最適化にも貢献すると言える。

表2 量子化前後における推論速度の比較

モデル形式	処理速度 (fps)	平均推論時間 (ms/フレーム)
float32 (非量子化)	約 1.6	約 625
int8 (量子化)	約 30	約 33

3.3 カメラでの撮影画像に対する応答精度

3.1で示した分類精度は、学習用に前処理された静止画像に基づく評価であり、実環境における認識性能を直接的に反映するものではない。実際の運用環境では、照明条件の変化、表示器の傾きや映り込み、筐体の経年劣化など、さまざまな要因が認識精度に影響を及ぼす。そのため、本研究では、動的条件下での応答性能を確認する目的で、リアルタイム処理における認識精度の検証を行った。

評価にあたっては、実機表示器の代替として、PythonのTkinterライブラリを用いてディスプレイ上に疑似的な3桁の7セグメント表示器を生成し、これを対象に撮像を行った。表示値は1秒ごとに1ずつ増加させ、1から999まで順次変化させるよう設計した(図6)。疑似表示器をUSBカメラにより撮影し、取得されたフレームに対してリアルタイム推論を実施した。各フレームについて表示値と推論結果を比較し、正答であるか否かを判定することで、認識精度を算出した。

推論には、軽量化を目的として量子化済みのTensorFlow Liteモデルを使用し、エッジデバイス上での運用を前提とした構成とした。評価指標としては、表示値と推論結果が一致した場合を正解とし、全体に対する正解率および誤認識率を算出した。

実験の結果、全999件の入力に対して正解件数は894件であり、正解率は89.5%、誤認識率は10.5%であった。表3に評価結果の概要を示す。

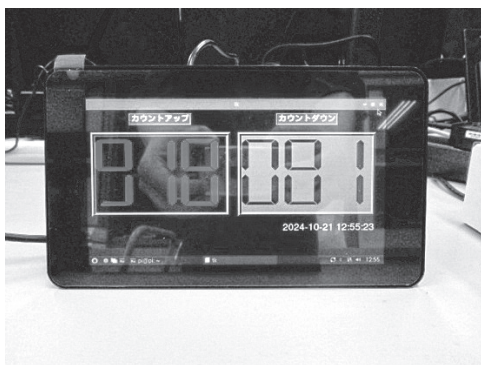


図6 疑似7セグメント表示器

表3 応答精度評価結果(疑似表示器による測定)

測定範囲	入力件数	正解数	正解率
1~999	999件	894件	89.5%

誤認識の主な原因としては、数字形状の類似性(例:3と5、8と9など)による取り違えが挙げられる。また、セグメントの一部が画像内で不鮮明になることによる誤判定も一部に見られた。

これらの結果から、本モデルは実環境に近い条件下でもある程度の認識性能を示す一方で、さらなる精度向上に向けた改善の余地があることが分かる。具体的には、撮影画像に対する前処理(コントラスト補正やノイズ除去など)、時系列的な出力をもとにした結果の平滑化(例:移動平均や多重投票)などの導入が、誤認識の抑制に有効であると考えられる。

4 まとめ

本報告では、既設設備の表示器を対象に、7セグメントOCRを行うエッジAIカメラの設計とその性能評価を行った。学習には合成画像と公開実画像を組み合わせて、合計9万枚のデータを使用してCNNモデルを構築した。モデルはTensorFlow Liteを用いて量子化され、Raspberry Pi上でのリアルタイム推論が可能となった。実験の結果、量子化によって推論速度は約1.6fpsから30fpsへと大幅に向上し、現場シミュレーションにおいても約89.5%の正解率を確認した。これにより、低コストかつ軽量の構成でも実用的な読み取り性能が得られることが示され、既設機器のIoT化支援への有効性が期待される。

ROS2 によって構築したロボットアーム制御システムの実装

今西 孝也 中澤 亮太 毛利 謙作

Development of a Robot Arm Control System Using ROS2

Koya IMANISHI Ryota NAKAZAWA Kensaku MOHRI

本研究ではロボットアームを制御するシステムを構築し、それを使用した ROS2、デジタルツイン、Python アプリケーション等について概要を報告する。

1 まえがき

近年、ロボット分野では、ミドルウェアが広く用いられている。このミドルウェアの中で ROS2 は注目されており、センサ、アクチュエータ、AI 処理といった機能を管理し、ロボットシステムの開発の効率向上に貢献している。

本研究では、株式会社アールティ社製のロボットアーム (CRANE+ V2) を用い、物体の把持および指定位置への移動作業を実装した。

2 システム構成

ROS2 (Robot Operating System 2) でロボットアーム (CRANE+ V2) を制御するシステム構成を図 1 ロボットアーム制御構成図に示す。システムは OS:Ubuntu24.04 上で動作し、ロボットアームとはシリアルポートで接続している。また、ロボットの状態を可視化しながら開発が可能である Rviz は、ROS2 の可視化ツールであり、ロボットアームの動作経路や周囲の情報、自己位置推定等が可視化される。ユーザーアプリケーションは、アームやモーター等のノード作成とその通信制御を Python の rclpy クライアントライブラリを使い、開発した。

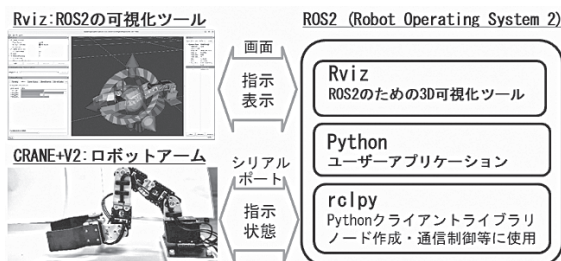


図 1 ロボットアーム制御構成図

2.1 ROS2

ROS2 は、ロボットアプリケーションのために設計されたオープンソースのミドルウェアフレームワ

ークである。このフレームワークは、センサーデータの処理、ロボットアームの制御等、ロボットに必要な幅広い機能を統合的かつ柔軟に管理できる環境を提供する。

ROS2 は、DDS (Data Distribution Service) を通信基盤に採用しており、これにより高い信頼性とスケーラビリティを実現している。また、ノード間の通信が効率的に行える Pub/Sub モデルや、要求と応答を扱う Service、長時間実行タスクに適した Action といった多様な通信方式をサポートしている。

2.2 CRANE+V2

CRANE+V2 は、ROBOTIS 社のアクチュエータ Dynamixel AX-12A をアームの関節として 4 個、ハンドの開閉のために 1 個使ったロボットアームである。サーボモーター用ライブラリを使用してアームを動作と位置読み込みが出来き、PC からシリアルポートを扱うことで C 言語と python 言語で ROS2 などのソフトウェア制御が可能である。

2.2.1 アーム制御

アーム制御は、各関節のモーターを動作させ、決められた位置にロボットアームを動かす。

2.2.2 関節のモーター

各関節のモーターは、ロボットの手先が目的の位置や姿勢に到達するために、それぞれ適切な角度を計算され、制御される。これにより、関節は連携して正確な動作を実現し、目標に合わせた手先の動きを可能にする。図 2 にロボットアームの各関節を示す。

つまり、ロボットアームの先端を 3 次元位置 (x, y, z) の座標に移動させたいとき、そのために必要な各関節の角度 ($\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots$) を求める必要がある。図 3 に関節の軸と角度を示す。

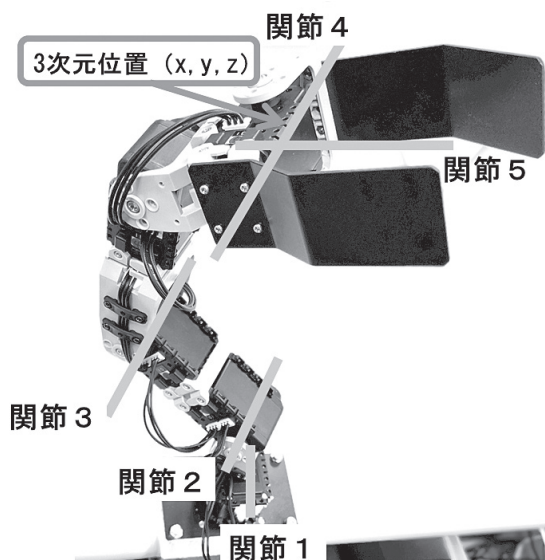
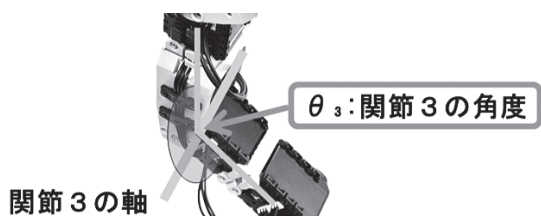


図2 ロボットアームの各関節



関節 3 の軸

図3 関節の軸と角度

2. 3 RViz

RViz は、ROS2 のための 3次元可視化ツールである。これはロボットシステムにおけるデータや状態を直感的に視覚化することを目的としており、ロボットアームのサーボモータやロボットの動作状況の確認、経路、環境マップなどをリアルタイムで表示することができる。ROS2 を用いたロボット開発では RViz を使うことでデバッグが効率的になり、システムの挙動を詳細に把握が可能となる。図4に RViz のスクリーンショットを示す。

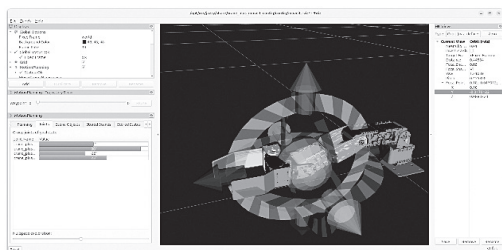


図4 RViz のスクリーンショット

2. 4 デジタルツイン

デジタルツインとは、物理的なロボット等を PC の画面（仮想空間）にリアルタイムで再現したデジタルモデルである。図5にロボットアームの動作と PC

の Rviz にてリアルタイムモニタリングしている様子を示す。

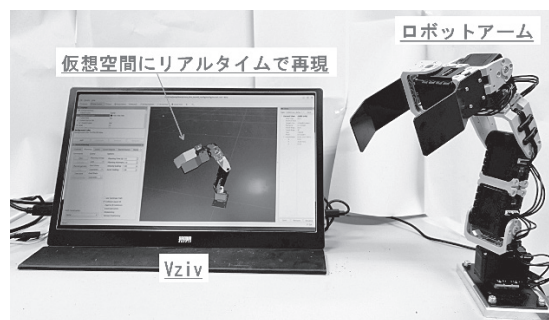


図5 デジタルツイン

2. 5 Python プログラム

今回、Python プログラムで開発している ROS2 のユーザーアプリケーションは、アールティ社が提供する CRANE+ V2 用のライブラリを使用している。このユーザーアプリケーションの状態は図4で示した RViz とロボットアームにリアルタイムで確認できる。

3 結果と実装

構築したロボットアームシステムの実験をした。

ロボットアームの届く範囲内であれば、適切なモーターの角度で手先を 3次元の空間に移動することをできた。動作の設定は、3次元位置から各関節の角度を求める計算に時間がかかるが、Python プログラムで開発ができた。RViz を用いることでロボットアームの位置、姿勢を取得し続け、デジタルツインの実装が確認できた。動作の例を図6に示す。

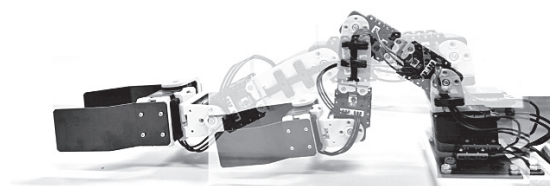


図6 動作の例

4 まとめ

今回、ロボットアームの動作、ROS2 の使い方とアプリケーションの開示、3次元可視化ツールが確認できた。

参考文献

- 1) 出村公成 他：ROS2 と Python で作って学ぶ AI ロボット入門、講談社
- 2) 株式会社アールティ、CRANE+ V2、<https://rt-net.jp/products/cranev2/>

CFD を用いた製紙プラントの流体解析支援の事例紹介

楠本 真央 上田 竜平*1 村井 正徳*2

Case study of fluid analysis support for paper manufacturing plants using CFD

Mao KUSUMOTO Ryuhei UETA*1 Masanori MURAI*2

製紙企業の製造プラントにおける現状把握や改良の検討にCAEを用いる事例は多くあるが、これらを実施するには各社で専用のPC及びソフトウェア、専門性のある人材を確保する必要があり、導入までのハードルが高かった。そこで、当センターでは依頼試験や共同研究等で製紙企業向けのCAE解析を支援してきた。今回は、CAEを利用した支援事例の中から、CFDを用いた流体解析支援の一部を紹介する。事例ではCFD解析が設備改良等に活用できることが示唆されたので、当センターの積極的な利用を期待する。

1 はじめに

製紙プラント設備の新設及び改良、現状把握等を行うには、暗黙知化された現場の経験値やプラント製造メーカーのノウハウが必要不可欠である。しかしながら、近年の人手不足や物価の高騰などにより、自社内の生産技術担当者が、設備プラントの新設や改善を行うには、事前検証等に多くの費用や時間を要することが課題となっている。

これまで、当センターでは製紙企業向けにCAE解析を用いて、熱カレンダーロールの変形挙動を数値化する研究¹⁾などを行ってきた。ここでは、CAEの中でも数値流体力学(CFD: Computational Fluid Dynamics)を用いた流体解析により、現状のプラント設備の実態把握や改良に生かせるデータが取得できるかを検証した事例を紹介する。

なお、今回紹介する事例は、原料が流れる配管やタンクを対象としたものである。

2 解析

2.1 解析準備

本解析を実施するにあたり、下記の手順で作業を行った。なお、CFDソフトウェアには、ANSYS Fluent 19.2を使用した。

- 1) 相談・打合せ
- 2) CADデータの作成(各社で準備)
- 3) CADデータからメッシュ作成作業
- 4) 解析条件の設定・解析スタート
- 5) 解析結果の表示
- 6) 解析結果の評価検証

*1 高知県商工労働部工業振興課

*2 生産技術課

2.2 条件設定(概要)

本検証をするにあたり、プラント設備のCADデータについては、事業者の方で準備していただいた。また、解析条件(流速や流量、流入側、温度)については、現場の環境に合わせて設定した。

流体の種類(マテリアル)については、解析速度を考慮し、製紙工程で使われる粘剤を入れた水(20℃、比重:998.2kg/m³、粘度:0.00105kg/m・s)を想定して設定することとした。

本来、製紙企業では、木材パルプや合成繊維のスラリーを用いるため、流体解析も固体と液体の混相流での解析をすることがあるが¹⁾、繊維状物質を想定した解析は、繊維にどのような向きで応力がかかるかや繊維同士の相互作用(凝集性)などを考慮する必要があり、解析が困難になることが予想される。従って、今回の検証では、水に近い流体を用いた解析結果で現場との比較検証を行い、CFD解析の再現性の有無を確認した。

3 結果

3.1 分岐配管内における流体解析事例

図1の事例は、分岐配管内部で水の流れがどのようなになっているかを解析したものである。

この結果から、分岐配管内で滞留が起きている箇所や流速が著しく早くなっている箇所などが見られた。また、この結果と製造工程内における不具合がほぼ一致することを確認した。

なお、検証で用いた流体の流速分布は、次工程での解析に活用でき、次工程の流体解析結果も現場の感覚に近いものを算出できた。

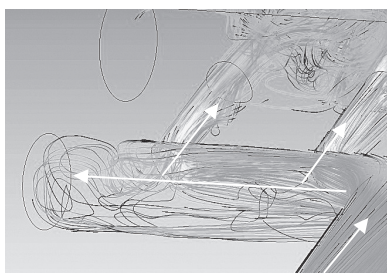


図1 分岐配管の流体解析

3. 2 タンク内の流体解析事例（その1）

図2の事例は、流体の流入側のすぐ下に流出口があるタンク内部の状態について解析したものである。流体が、流入側のすぐ向かいにある壁面にぶつかることで上下に分岐し、タンクの上側と下側で流れの状態が変化していることがわかった。つまり、タンク内部の上側と下側で原料の濃度差が生じていることが推定された。

この結果も、現場での現状認識と一致しており、タンク内部の攪拌機構の改良における検証等に使用できるものと考えられた。

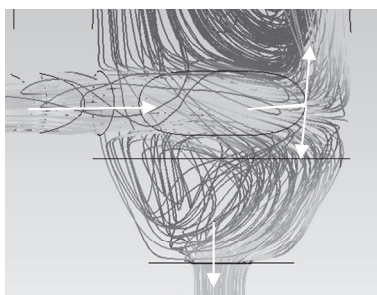


図2 タンク内部の流体解析

3. 3 タンク内の流体解析事例（その2）

図3の事例は、タンクの上面に蓋と内部にバッフ板（邪魔板）がある設備の流体解析をしたものである。この結果からわかるように、(a)では、タンク上部に蓋があることで、対流が促進されていることがわかった。また、(b)ではバッフ板がないことで、その対流も抑制され、あまり効果がないことがわかった。なお、(c)では蓋がないことで、オーバーフローが促進され、対流しづらい環

境になることがわかった。

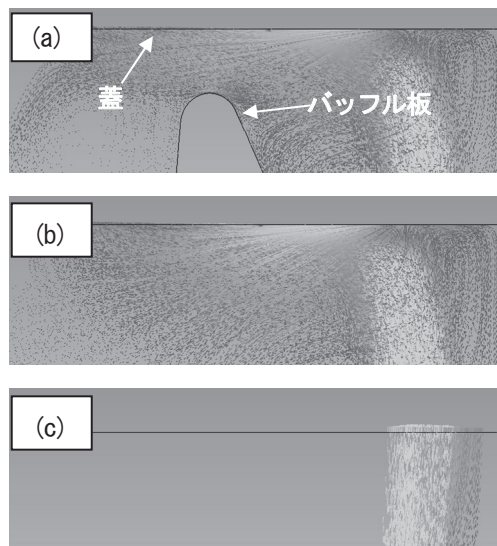


図3 タンク内部の流体解析

(a) 蓋及びバッフ板あり、(b) 蓋あり、バッフ板なし、
(c) 蓋及びバッフ板なし

4 まとめ

紹介事例から、現場が感じている問題意識とCFD解析結果はよく一致し、課題の見える化に寄与できると考えられた。

また、これまで蓄積してきた経験値やノウハウ等もCFD解析で数値化することにより、結果の予測や改良の方向性の検証にも活用できることがわかった。そして、今回のマテリアルとして設定した流体がほぼ水と同程度の物性であることから、水を用いた簡易な解析でも現場検証等には十分な結果を示すことが確認できた。

5 参考文献

- 1) CAEによる熱カレンダーロールの熱と応力の連成解析と実証、令和3年度高知県工業技術センター研究報告、No. 54(2022) 15-22
- 2) 角田 勝、藤本 太郎：製紙用パルプ液のレオロジー特性、近畿大学次世代基盤技術研究所報告、Vol.4 (2013) 49-53

スマートものづくり導入支援事業による取組（第1報）

毛利 謙作 島内 良章 中澤 亮太 今西 孝也 眞鍋 豊士 上田 竜平*1

Activities of the Smart Manufacturing Support Project (Part 1)

Kensaku MOHRI Yoshiaki SHIMANOUCI Ryota NAKAZAWA

Koya IMANISHI Toyoshi MANABE Ryuhei UETA*1

AI・IoT・ロボット等のデジタル技術を活用した生産プロセスの効率化、人手不足解消、人材育成を目的とし、令和6年度から9年度までの4年間の計画で、スマートものづくり導入支援事業を実施している。その初年度となる令和6年度の取組概要について報告する。

1 はじめに

全国的な人手不足は県内製造業にとっても大きな課題で、デジタル化、特にAI・IoT・ロボット関連技術を活用した課題解決のため、スマートものづくり導入支援事業を実施した。

同事業の内容を大きく分けると、講義形式の「セミナー」、具体的に手を動かして実習する「ハンズオン研修」、個別企業の課題に対応する「導入支援」の3つになる。それぞれの取組概要について紹介する。

2 セミナー

先進的な取組や最新情報の収集のため、技術セミナーを開催した。以下の計6回開催し、のべ88社・153名の参加があった。

2.1 「社員みんなでチャレンジするスマートものづくり」

(株)戸畑ターレット工作所、(株)有川製作所からデジタル技術を活用した製造現場の改善について、成果を挙げた先進的な事例をご紹介いただいた(図1)。



図1 セミナー会場 (2.1)

2.2 「スマートものづくりに向けた第一歩は現場改善から」

大阪工業大学皆川健多郎教授による講義「デジタル化の波に飲み込まれず、波にのるためには」と、高知県生産性向上推進アドバイザー2名から県内企業の改善支援事例について紹介(図2)。



図2 セミナー会場 (2.2)

2.3 「ロボット導入を成功させるポイントとは」

製造現場にロボットを導入する上で事前に整理しておくべきことや成功のポイント、開発事例について、高丸工業(株)高丸正社長から解説(図3)。



図3 セミナー会場 (2.3)

*1 高知県商工労働部工業振興課

2. 4 「3D技術で拓く未来 ～デジタルデータの作成から製品化まで～」

3Dデータを活用した業務改善の手法、ツールについて事例を交えながら、(株)データ・デザイン高倉寛氏より解説いただいた(図4)。



図4 セミナー会場(2.4)

2. 5 「AIセミナー ～ノーコードと生成AI、IoTが繋がると何が出来るか?～」

ノーコードツールや生成AIの最新技術動向、またそれにIoTを組み合わせることでのどのような活用ができるのか等について、(株)DigiDockConsulting代表の森正和氏から、解説いただいた(図5)。



図5 セミナー会場(2.5)

2. 6 「スマートものづくりフォーラム」

AI・IoT・ロボット関係の最新技術、製品、活用事例を紹介する小規模の展示発表会を開催した。プレゼン会場では、高知高専今井一雅名誉教授による基調講演「インターネットの歴史と近未来」を含め、計10件のプレゼンを実施(図6)。

隣接する展示会場では、協働ロボットのデモやアシストスーツの体験、産業用ドローン等のハードウェアの他、業務効率化やAI応用ソフトウェア等が、計10団体から展示発表された(図7)。



図6 プレゼン会場



図7 展示会場

3 ハンズオン研修

実践的な技術の実習であるハンズオン研修は以下の計6回開催し、のべ21社・34名の参加があった。

3. 1 「AI技術講習会 ～画像認識AIの開発と実装～」

装置の数値を読み取るAIモデルの開発をPythonで行い、RaspberryPiへ実装する方法について、当センター職員より紹介し実習した(図8)。

参加者が多かったため同内容を2回開催した。



図8 ハンズオン研修会場(3.1)

3. 2 「生成AI 技術講習会 ～スタンドアロンのコード生成AIの実装～」

スタンドアロンの環境で生成AIを実装し、プログラムを開発する方法について、当センター職員より紹介し実習（図9）。

こちらも参加者が多かったため同内容を2回開催した。

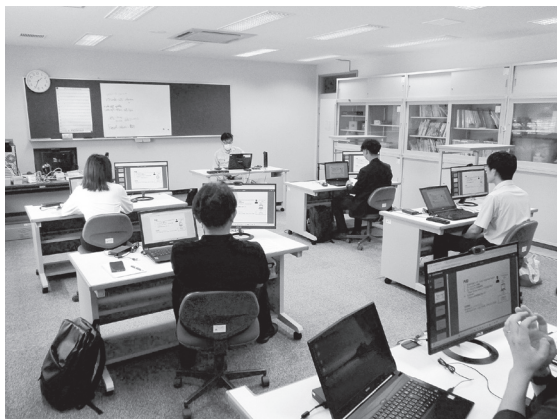


図9 ハンズオン研修会場（3.2）

3. 3 「3D CAD 講習会 ～3D CADによるモデリングと3Dプリンタでの造形～」

3D CAD「Fusion」の概要と操作方法についてオートデスク（株）関屋多門氏より説明いただいた。また、3Dプリンタの操作方法について当センター職員から説明した後、各自でモデリングした部品を縮小し、当日3Dプリンタで造形した（図10）。



図10 ハンズオン研修会場（3.3）

3. 4 「AI 技術講習会 ～AIを活用した異音検知～」

異音検知AIの基礎知識から始まり、ポンプやファンなどの稼働音を使用したデモ、さらに、簡単なデータセットを使用して、実際にAIモデルを開発する方法を、当センター職員より解説し実習した（図11）。



図11 ハンズオン研修会場（3.4）

4 導入支援

セミナー、ハンズオン研修だけでは、実際の企業の課題解決は難しいため、個別企業の具体的な課題について対応した。

IoT技術を活用した加工機械の消費電流計測システムの開発や、生産装置のPLCのプログラムを改変しデータ収集を可能としたり、3D CADを導入して自社設計した部品を当センターの3Dプリンタで造形、現場試験で使用するについて、実用となるまで支援した。

5 まとめ

AI・IoT・ロボット等のデジタル技術について、セミナー、ハンズオン研修、導入支援をそれぞれ実施し、その概要について紹介した。

今後も引き続き、デジタル技術を活用した県内企業の課題解決、生産性向上のための取組を継続して進める。

全国溶接技術競技会 四国地区高知大会 初開催

土方 啓志郎

the annual national welding competition was first held in Kochi in 2024

Keishirou HIJIKATA

1 はじめに

一般社団法人日本溶接協会(以下 日本溶接協会)、四国地区溶接協会連絡会、一般社団法人高知県溶接協会(以下 県溶接協会)を主催とする全国溶接技術競技会 四国地区高知大会(以下 四国地区高知大会)が初めて開催された。高知県も共催者となり大会運営を支援した、四国地区高知大会について簡単に報告する。

2 全国溶接技術競技会とは

全国溶接技術競技会は、日本溶接協会が昭和26年度に中小企業庁に協力して開催したのが始まりで、翌年から毎年、関連団体の協力の下、日本溶接協会が独自の立場で実施している溶接技能競技会である。

開催地は全国9地区持ち回りで、会場を公共団体や企業等の施設とし、溶接機や溶接材料は協力会社が提供している。

競技部門は手溶接と半自動溶接の2部門があり、課題に従って材料を溶接し技能を競う。また各都道府県の選手は、予選会等の結果により各都道府県の指定機関から推薦された者である。

3 四国地区高知大会について

平成13年から各都道府県は地区単位に分けられており、高知県は四国地区に属している。これまで四国では全国溶接技術競技会は、昭和50年、平成12年に愛媛県、昭和63年に香川県、平成18年に徳島県で開催されているが、令和6年第69回大会にして初めて高知県で開催された。

大会は10月26日(土)、27日(日)の2日間で開催された。初日は競技会場の事前確認、開会式(県立県民文化ホール オレンジ)及び技術交流会(ザクラウンパレス新阪急高知)が、翌日は高知ちばさんセンター及び競技会場である県立地域職業訓練センターで競技会が行われた。本県からの出場選手は、図1~4の方々であった。

大会を実行するにあたり、四国地区溶接技術検定委員会、県溶接協会及び会員企業、四国各県の溶接協会事務局を主なメンバーとする実行委員に、県商工労働部工業振興課、県工業技術センター、県立高知高等技術学校も加わり支援した。

謝辞

高知県で全国溶接技術競技会を初開催するにあたり、多大なるご尽力をいただいた主催関係者の皆様、会場設営にご協力いただいたスタッフの皆様、深く御礼申し上げます。あわせて、四国地区高知大会に関係されたすべての方々にも心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) “全国溶接技術競技会 大会紹介”、日本溶接協会、2024年3月、
<https://www.jwes.or.jp/competition/scheme/>、(参照2025.7.4)
- 2) “全国溶接技術競技会 2024年度第69回 高知大会 入賞者発表 !!”、日本溶接協会、2024年12月、
<https://www.jwes.or.jp/competition/prize/>、(参照2025.7.4)



図1 手溶接の部 高知県選手①
株式会社鉄建ブリッジ 森岡 氏

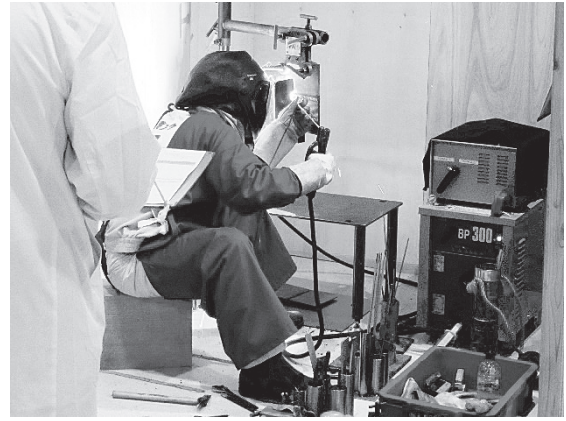


図2 手溶接の部 高知県選手②
株式会社SKK 蒲原 氏

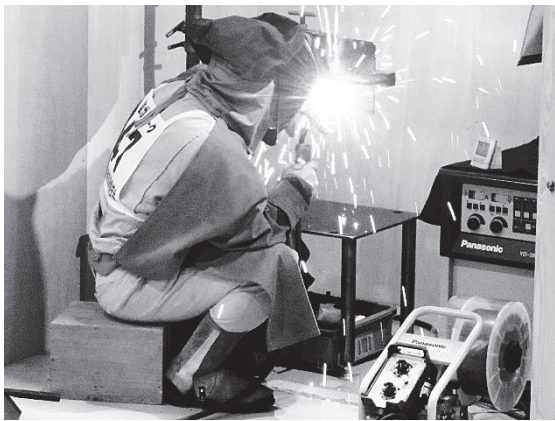


図3 半自動溶接の部 高知県選手①
株式会社垣内 北川 氏



図4 半自動溶接の部 高知県選手②
株式会社SKK 石村 氏

「見える化」で実現する生産性向上 5Sと目で見える管理

保科 公彦

5S Productivity Training Report

Kimihiko HOSHINA

本研修では、日本の製造業が直面する少子高齢化やグローバル競争といった課題に対応するため、現場力の強化を目的として企画された。特に5S（整理・整頓・清掃・清潔・しつけ）の実践定着を核とし、IE（インダストリアル・エンジニアリング）手法を融合させることで、科学的で効果的な職場改善を目指した。研修は座学と演習を組み合わせ、参加者自らが現場のムダを発見し、改善策を立案・実践できる能力を養成。インターバル課題では、各企業の現場における持続的な改善活動の推進を図った。結果として、5SとIEに関する理解と応用力が向上し、参加者の改善意欲や全体最適思考が醸成されたことが確認された。なお、本研修は独立行政法人中小企業基盤整備機構 四国本部との共催により、人材支援事業の一環として実施された。

1 はじめに

近年、日本の産業構造は大きな転期を迎えている。少子高齢化による生産年齢人口の減少、資源価格の高騰、グローバル競争の激化など、製造現場を取り巻く環境はますます厳しさを増している。これにより、現場に求められる役割は単なる生産の場にとどまらず、経営的視点を持ち、継続的改善によって企業競争力を高める拠点としての機能が一層重要になっている。

そのような環境変化に対応するには、現場の「見える化」、すなわち現状を把握・共有し、問題を明確にしながらか改善につなげていく力が必要である。本研修は、そうした現場力の向上を目的とし、特に5S活動を核とした職場改善の実践スキルを育成することを狙いとして企画されたものである。また、理論的な理解のみならず、体験的な学習を通して現場に活かせる知識・技術を習得することを重視し、研修全体が参加型・実践型の構成となっている。

本研修は、独立行政法人中小企業基盤整備機構 四国本部と連携し、現場力強化を目的として共同で開催した。

2 研修の概要

本研修は、現場改善の基本である「5S（整理・整頓・清掃・清潔・しつけ）」の定着を中心に、IE（インダストリアル・エンジニアリング）手法を組み合わせることで、より科学的で実効性の高い改善活動を目指したプログラム構成となっている。

座学セッションでは、5Sの各要素についての理論的背景や職場における具体的な事例を通じて理解を深めた。さらに、IE手法に関する基礎知識として、動作分析や工程分析の目的と手順、活用事例などが紹介され、従来の経験則に頼らない論理的な改善手法の重要性が強調された。

演習セッションでは、模擬現場や実際の作業工程を対象とした観察・分析を実施し、目に見えづらいムダや非効率の要因を参加者自身が発見し、グループで改善案を検討。このプロセスにより、単なる知識習得に留まらず、実務に応用できる力を育むことができた。

インターバル課題では、各参加企業が自社の現場を対象とし、分析・改善を継続して取り組むことで、研修の効果を職場に持ち帰り、自社で活用・定着させる機会を設けた。

3 研修実施の体制

本研修の実施にあたっては、企画・運営部門、講師陣、技術指導員の三者連携による体制を構築した。講師陣は製造現場での豊富な実務経験を有し、理論と現場の橋渡しを意識した講義・指導が行われた。また、IE手法に精通した技術指導員は、参加者の分析作業や改善提案に対して細やかなフィードバックを提供し、現場改善への適用可能性を高める支援を行った。

参加企業からは、現場担当者や改善活動リーダーがサポートとして参加し、インターバル課題の実施に際しては社内の協力体制が整えられ

ダーがサポートとして参加し、インターバル課題の実施に際しては社内の協力体制が整えられた。これにより、研修の内容を単なる理論ではなく、自社の現状に則した実務課題として落とし込むことが可能となり、職場内での改善活動の継続と定着につながった。

4 成果と今後の展望

本研修の参加者からは「実際に作業をしながら学べたので理解しやすかった」「現場に即した課題で、すぐに応用できた」といった声が寄せられ、体験型研修による高い学習効果が示された。今後は、今回習得した知見を基に下記の視点から業務改善に取り組むことが期待される。

(1) 5Sに対する理解と実践力の向上

職場環境の改善に向けて「見える化」の基盤として5Sを位置づけ、整理整頓の習慣化や清掃・清潔の維持に関する管理視点を獲得した。それにより、定着ポイントについても具体的に理解することで、形式的ではない実効性のある改善を継続することができる。

(2) IE手法によるムダの発見と除去

動作分析・工程分析を用いた観察により、日常業務の中に潜むムダの存在に気づき、それらを削減するための手法を習得した。分析結果をもとに改善策を立案・実践できるようになった。

(3) 工程改善のチーム演習を通じた全体最適思考の醸成

他企業の参加者と協働しながら工程の停滞要因を洗い出すプロセスを経て、個別最適ではなく全体最適を目指す改善策の立案力が養われた。業種や規模の違いを超えて学び合うことで、視野が広がり、柔軟な思考が促された。

(4) 自社現場への応用と持続的改善活動の構築

インターバル課題を通じて、自社の現場における課題抽出から改善策立案・実行までのプロセスを体験した。現場担当者と連携し、実践的な改善案を導出することで、社内においても改善の文化が根付き始めた。



研修の様子

資源環境課

県産植物バイオマス資源由来の機能性商品の開発（第1報）

牧野博士由来植物「ミソハギ」のリパーゼ阻害活性評価

岡崎 由佳 鈴木 大進 篠原 速都*¹ 川北 浩久*¹

金 哲史*² 柏木 丈弘*³ 渡邊 浩幸*⁴ 水上 元*⁵

Development of functional products derived from prefectural plant biomass resources

Functional evaluation of *Lythrum anceps*, a plant derived from Dr. Makino

Yuka OKAZAKI Masanobu SUZUKI Hayato SHINOHARA*¹ Hirohisa KAWAKITA*¹
Chul-Sa KIM*² Takehiro KASHIWAGI*³ Hiroyuki WATANABE*⁴ Hajime MIZUKAMI*⁵

これまでに行った牧野富太郎博士由来植物の機能性探索の中で見出した有用植物の1つであるミソハギ (*Lythrum anceps*) の抽出物に、強いリパーゼ阻害活性（脂肪吸収抑制作用）を有することが明らかとなった。この活性は、メタボリックシンドロームに代表される生活習慣病の予防に関わることが知られており、ミソハギ抽出物には生活習慣病予防効果があることが示唆された。

1 はじめに

高知県は日本でも有数の植物の宝庫である。県内には牧野植物園があり、「日本の植物学の父」ともいわれる牧野富太郎博士に縁のある植物群の研究や栽培・展示が行われている。そこで、牧野博士に関連の深い植物を地域固有の「資源」と考え、これらの植物を活用した健康食品や化粧品素材を商品化し、牧野ブランドとして売り出すことを目的に研究開発を行ってきた。本研究では、その中で見出した有用植物の1つであるミソハギ (*Lythrum anceps*) の機能性について、評価を行ったので報告する。

ミソハギ (*Lythrum anceps*) は、日本各地の湿原や小川、用水路の縁等で生育するミソハギ科の多年草であり、生薬として知られている。また、食用としても和え物、炒め物、佃煮、サラダ等に利用することが出来る。ミソハギ抽出物に対し種々の生理活性について評価を行ったところ、強いリパーゼ阻害活性（脂肪吸収抑制作用）を見出した。

近年、生活習慣病を引き起こす大きな因子であることが知られている肥満症は、世界的な社会問題となっている。その肥満の原因の一つに、食事からの脂肪（トリグリセリド：TG）の過剰摂取による摂取カロリーの過多がある。これを防ぐ一つの方法として、消化酵素であるリパーゼの活性を阻害することがあげられる。リパーゼは、食事性

のTG分解を担う酵素であり、この酵素の活性を阻害することで消化管におけるTGの分解及び吸収の抑制、ひいては肥満症の予防と改善につながると考えられる。

本報では、ミソハギ中に含まれる強いリパーゼ阻害活性を示す成分の単離と同定を行い、また、その活性が収穫時期によりどのように変動するかを検討した。

2 実験材料と方法

2.1 実験材料

実験に供した植物は、牧野植物園が委託している栽培圃場の植物体地上部を収穫し、温風乾燥機で40~60℃、8~48時間程度乾燥、水分含有量8%以下になったものを密封保管し、供試品とした。

また季節変動確認用の植物は、2022年6月から10月まで1ヶ月毎に同様に収穫したものとミソハギの生育状況を鑑み、8月に開花した花部と7、8月に収穫を行った植物体から十分に生育したと判断された植物体を9、10月に再収穫したものをを用いた。

2.2 抽出物の調整

2.1で調整した供試品を適当なサイズに裁断して、平成25年度高知県工業技術センター報告¹⁾に準じて抽出した。

すなわち、室温下で80%メタノールに72時間浸漬してから濾過し、残渣に再び80%メタノールを加え、75℃で3時間加熱抽出した。濾過し、残渣

*1 元高知県工業技術センター
*2 元高知大学農林海洋科学部
*3 高知大学農林海洋科学部
*4 高知県立大学健康栄養学部
*5 元高知県立牧野植物園

に80%メタノールを加え、60℃で1時間超音波抽出した。濾過したのち、濾液を全て併せてメタノールを減圧下留去、真空凍結乾燥することにより、植物抽出物を得た(図1)。

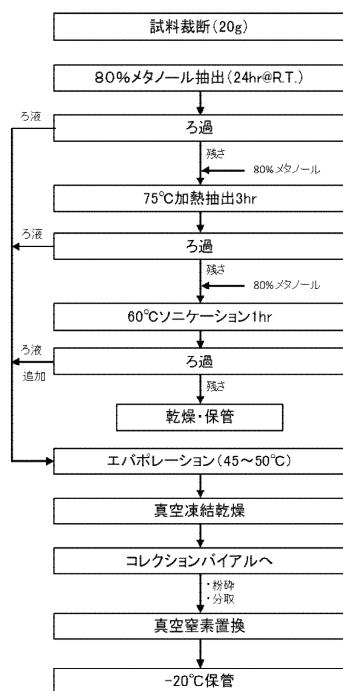


図1 抽出方法

2. 3 単離・構造決定

2. 3. 1 グラナチンA(Ggranatin A)

2. 2で得られた抽出物を超純水、ヘキサン、酢酸エチルを用いて液液分配を行い、水層、ヘキサン層、酢酸エチル層を得た。

得られた各層のリパーゼ阻害活性を評価し、一番活性の強かった水層をODS中圧カラムクロマトグラフィー(ODS: Chromatorex ODS DM1020T, FUJISILYSIA CHEMICAL LTD. 製, 100-200mesh、カラムサイズ: 20mm i. d. × 325mm、溶離液: MeOH/H₂O(濃度0~100%)、各2,500mL)にて分画し、0%メタノール、20%メタノール、40%メタノール、100%メタノール画分を得た。

各画分の活性を評価し、活性が一番強かった20%メタノール画分について、下記のHPLC条件に供し順次分画を行った。

分析装置: LC-10A(島津製作所製)、カラム: COSMOSIL 5C18-MS-II (10mm i. d. × 250mm, nacalai tesque INC. 製)、溶離液: A 0.5% Formic acid/H₂O、B 0.5% Formic acid/MeOH、グラジエント: 0-35min(B conc. 10%)、35-40min(10-50%)、

40-55min(50%)、55-60min(50-10%)、流速: 3.0mL/min、検出器: 紫外分光検出器(UV)、カラム温度: 40℃

保持時間に従ってFr. 1~4の4つの画分に分画し、リパーゼ阻害活性を測定したところ、最も阻害活性の強かったFr. 2を単離精製し、アセトン化した後、NMR分析に供した。1H-NMR及び13C-NMRスペクトルの測定は、JNM-ECX500(JEOL社製)を用いて、当該装置の使用法に従い1H-NMRの測定周波数は500MHz、13C-NMRの測定周波数は125MHzにて測定した。

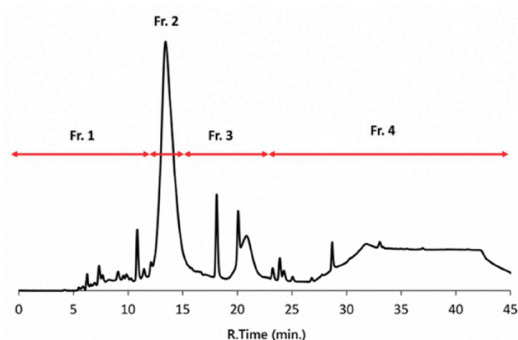


図2 水層 ODS20%画分のHPLCチャート

NMRの解析結果は、以下のとおりであり、グラナチンAであると同定した。

13C-NMR(Acetone-d₆, 125 MHz) δ : (CH₃) 32.2, (CH₂) 50.1, 64.7, (CH) 51.6, 60.8, 69.3, 70.7, 71.4, 90.3, 108.7, 109.5, 114.1, 127.8, (C=O) 210.3, (C=O) 165.4, 166.6, 167.4, 170.1 (C) 81.2, 110.2, 116.0, 117.3, 117.7, 119.7, 125.0, 125.5, 136.6, 137.0, 137.6, 144.8, 144.9, 145.0, 145.4, 145.4, 147.0, 147.4, 199.3

1H-NMR (Acetone-d₆, 500 MHz) δ : 2.18(s), 2.77(d, J=15.0Hz), 3.26(d, J=15.0Hz), 4.11(dd, J=11.5, 5.0Hz), 4.53(s), 4.63(d, J=13.0, 5.5Hz), 4.96(dd, J=12.0, 12.0Hz), 5.01(s), 5.17(s), 6.10(s)

2. 3. 2 ルセニン2(Lucenin-2)

2. 3. 1で得られたODS 20%メタノール画分Fr. 3について、下記のHPLC条件にて分析を行った。

分析装置: LC-10A(島津製作所製)、カラム: Inertsil ODS-4(10mm i. d. × 250mm, GL science INC. 製)、溶離液: 35% CH₃CN/H₂O、流速: 3.0mL/min、検出器: 紫外分光検出器(UV)、カラム温度: 40℃

保持時間に従って Fr. 1~4 の 4 つの画分に分画し、リパーゼ阻害活性を測定したところ、活性の発現には Fr. 2 と Fr. 3 の共存が必要であることが明らかとなった。

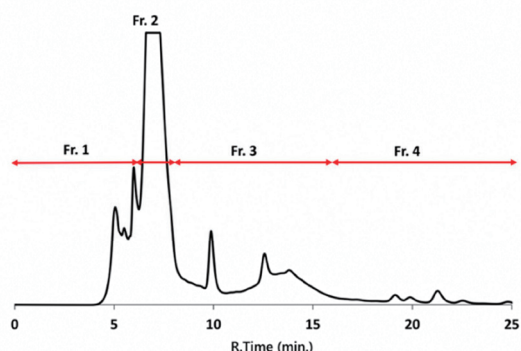


図3 溶離液変更後の水層 ODS20%画分のHPLC チャート

そこで、Fr. 3 をさらに Fr. 3-1~3-3 に分画した

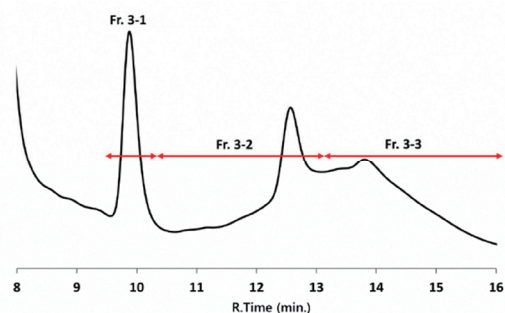


図4 溶離液変更後の水層 ODS20%画分 Fr. 3 のHPLC チャート

Fr. 2 とこれらの画分についてリパーゼ阻害活性を評価したところ、Fr. 3-1 と Fr. 3-2 が活性に関与していることが分かった。そこで、Fr. 3-1 を単離精製し、NMR 分析に供した。

NMR の解析結果は、以下のとおりであり、ルセニン2 であると同定した。

$^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO- d_6 , 125 MHz) δ : (6-Glucose) 60.4, 69.6, 71.5, 73.9, 78.4, 81.4、(8-Glucose) 62.2, 70.9, 72.4, 74.6, 79.4, 82.6、(C) 103.0, 103.6, 105.8, 108.0, 114.5, 116.5, 119.9, 122.3, 146.4, 150.4, 155.9, 159.32, 161.9, 164.7, 182.7

$^1\text{H-NMR}$ (DMSO- d_6 , 500 MHz) δ : (6-Glucose) 3.85, 4.73、(8-Glucose) 3.82, 4.85、(H) 6.52, 6.88 (d, $J=8.1$)、7.38 (s), 7.43 (d, $J=8.1$)

2. 3. 3 ビセニン2 (Vicenin-2)

2. 3. 2 で得られた Fr. 3-2 を単離精製し、

NMR 分析に供した。

NMR の解析結果は、以下のとおりであり、ビセニン2 であると同定した。

$^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO- d_6 , 125 MHz) δ : (6-Glucose) 60.2, 69.5, 71.4, 73.9, 78.3, 82.4、(8-Glucose) 61.8, 71.0, 72.4, 74.6, 79.2, 81.4、(C) 103.1, 104.3, 105.7, 108.1, 116.3, 116.3, 122.0, 126.9, 129.6, 155.4, 159.1, 161.4, 161.7, 164.6, 182.7

$^1\text{H-NMR}$ (DMSO- d_6 , 500 MHz) δ : (6-Glucose) 4.71 (d, $J=9.8$)、(8-Glucose) 4.76 (d, $J=9.8$)、(H) 6.78 (s)、6.88, 6.88, 7.94, 7.94

2. 4 機能性評価

2. 4. 1 リパーゼ阻害活性測定

豚膵リパーゼ (Sigma-Aldrich Japan 製) 及びリパーゼキット S (SB バイオサイエンス株式会社製) を使用した。測定方法は、キットの方法を一部改変し、96 穴マイクロプレートを使用して行った。

すなわち、96 穴マイクロプレートに抽出物を含む試料サンプル溶液 (50 mL e. q. d. w./mL in DMSO or 50% MeOH) 15 μL 、酵素溶液 (豚膵リパーゼ 1.0 mg、125 mmol/L Tris-HCl 緩衝液 (pH 7.5)) 20 mL) 5 μL 、発色液 (1 mg/mL 5, 5'-ジチオビス (2-ニトロ安息香酸) を含む緩衝液) 50 μL を順次添加し、暗所下 30 $^{\circ}\text{C}$ で 5 分間静置した。その後、基質液 (6.69 mg/mL 三酪酸ジメルカプロール + 5.73 mg/mL ドデシル硫酸ナトリウム) 5 μL を添加し、暗所下 30 $^{\circ}\text{C}$ で 30 分間静置後、反応停止液 100 μL を添加し酵素反応を停止させ、1 時間以内にマイクロプレートリーダーにて 412 nm の吸光度を測定した。

サンプル添加時の吸光度 (A sample)、サンプルの代わりに 100% DMSO を添加した吸光度 (A control)、酵素溶液の代わりに 125 mmol/L Tris-HCl 緩衝液を添加したブランクの吸光度 (A sample blank)、(A control blank) を下記の式に代入し、リパーゼ阻害率を算出した。

$$\text{リパーゼ阻害率 (\%)} = \{1 - (\text{A sample} - \text{A sample blank}) / (\text{A control} - \text{A control blank})\} \times 100$$

3 結果と考察

ミソハギの 80% メタノール粗抽出物を液液分配し、得られたヘキサン層、酢酸エチル層、水層の各分画物のリパーゼ阻害活性を評価したところ、水層に最も高い活性が認められた (図 5)。

また、全画分を混合した MIX は、分画前と同等の活性を示したことから、ミソハギのリパーゼ阻害物質は水層に局在しており、その活性には極性の高い成分が関与していることが示唆された。

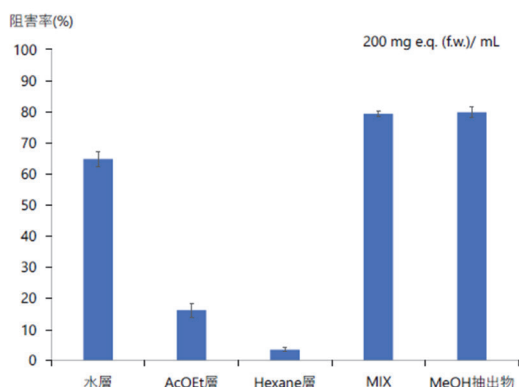


図5 液液分配による分画画分のリパーゼ阻害活性

そこで、最も高い活性を示した水層を各種クロマトグラフに供して、リパーゼ阻害活性を指標に活性成分の単離と構造決定を行った。

まず、水層を ODS 中圧カラムにて分画し、0%メタノール、20%メタノール、40%メタノール、100%メタノール画分を得た。得られた各画分のリパーゼ阻害活性を評価した結果、0%メタノールと20%メタノールが弱い活性を示すのみであった(図6)。

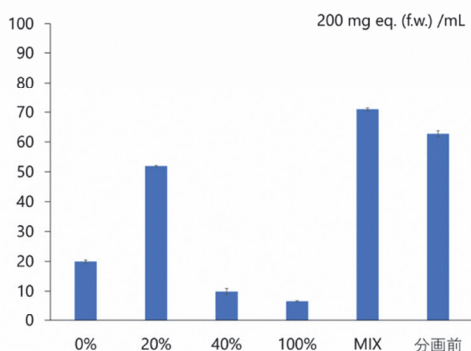


図6 ODS 中圧カラムクロマトグラフィーによる分画画分のリパーゼ阻害活性

そこで、分画物を組み合わせてリパーゼ阻害活性を測定したところ、0%画分と20%画分を組み合わせた場合のみ、水層と同等の活性が認められた(図7)。

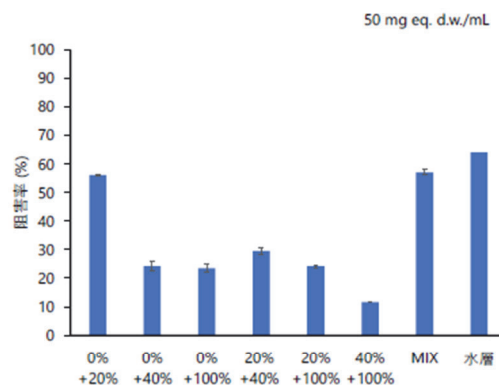
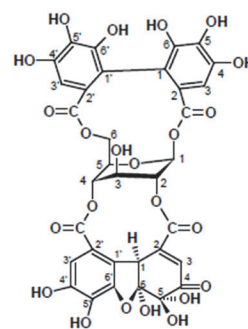


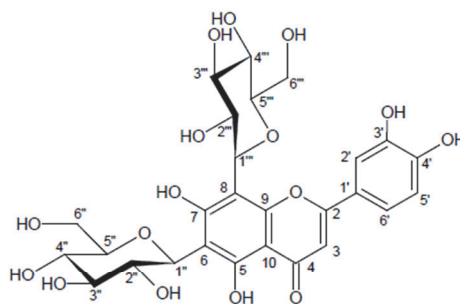
図7 ODS 分画物の組合せリパーゼ阻害活性

ODS0%画分及び20%画分をリパーゼ阻害活性を指標に HPLC にて分画を進め、20%画分からは、化合物 A を0%画分からは化合物 B 及び C を得た。

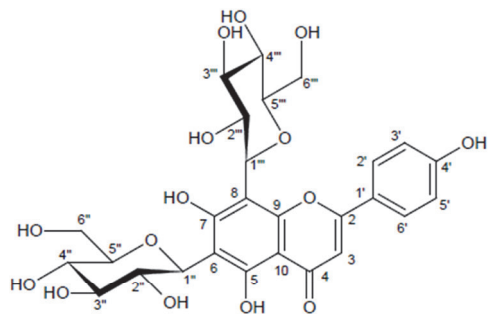
それぞれの化合物は NMR 測定の結果が、化合物 A は Granatin A²⁾、化合物 B は Lucenin-2^{3), 4)}、化合物 C は Vicenin-2^{5), 6)} のそれぞれの文献のケミカルシフト値とほぼ一致したため、化合物 A は Granatin A、化合物 B は Lucenin-2、化合物 C は Vicenin-2 と同定した(図8)。



化合物 A (Granatin A)



化合物 B (Lucenin-2)



化合物C (Vicenin-2)

図8 化合物A ~ Cの構造式

また、その活性が収穫時期によりどのように変動するのかを調査した。ミソハギ栽培ほ場より、2022年6月から10月まで1ヶ月毎に植物体地上部を収穫し、同様に抽出物を作製して、リパーゼ阻害活性について比較試験を行った。なお、ミソハギの生育状況を鑑み、8月に開花した花部と、7、8月に収穫を行った植物体から十分に生育したと判断された植物体を再度9、10月に再収穫したのも試験に供した。

その結果、リパーゼ阻害活性は、7月収穫物でやや少ないものの、全期間及び花部も含め、大きく変化せず、再収穫物でも同程度の活性が見られたことから、通年を通して安定した機能性を有することが明らかとなった(図8)。

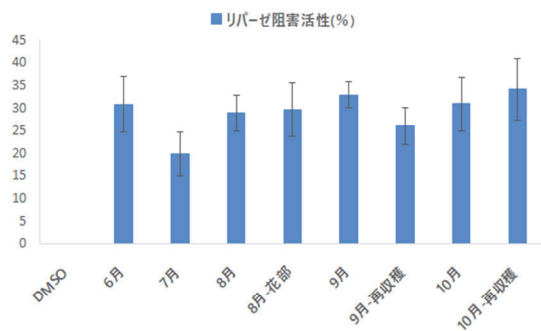


図8 各月収穫したミソハギ抽出物のリパーゼ阻害活性

4 まとめ

高知県産ミソハギの抽出物から、リパーゼ阻害活性成分としてGranatine A、Lucenin-2及びVicenin-2を単離した。

Granatine Aは、加水分解型タンニン的一种で複雑な構造を持つポリフェノールであり、植物に含まれる成分である。加水分解により得られるエ

ラグ酸には、抗酸化作用⁷⁾、抗炎症作用、脂肪代謝促進作用及び美白効果などがあると報告されている。また、Lucenin-2及びVicenin-2はフラボノイド配糖体であり、特にVicenin-2には、抗炎症作用^{8),9)}、抗ACE作用¹⁰⁾、放射線増感効果及びSTAT3シグナル伝達経路阻害などの生理活性があることがわかっている。

ミソハギは高知県内で栽培されており、牧野富太郎博士ゆかりの植物でもことから、高知県にとって利用可能性の高い植物であると言える。ミソハギの持つ機能性についてはまだ十分に解明されておらず、今後さらなる研究の進展が期待される。本研究成果を通じて、ミソハギの機能性食品などの素材としての活用が一層拡大することが期待される。

謝辞

本研究は、高知県産植物の機能性探索研究の一環として、諸先生方にご協力を頂き行いました。本研究遂行にあたり、植物の提供等にご協力頂いた牧野植物園の水上元園長や濱口宗弘様、岩本直久様、松野倫代様、動物実験等にご協力頂いた高知県立大学の渡邊浩幸先生、機能性解析や成分探索にご協力頂いた高知大学の柏木丈広先生、金哲史先生に感謝いたします。

参考文献

- 1) 岡崎由佳ほか：平成25年度高知県工業技術センター研究報告，45，(2014)38-48
- 2) 田中結理，高知大学卒業論文，(2016)
- 3) Sura Baykan Erel etc., *Pharmaceutical Biology* 49(8) (2011)840-9
- 4) Md. Nuru Islam etc., *Food and Chemical Toxicology* 69(2014)55-62
- 5) Chen Xie etc., *Chem Pharm Bull* 51(10) (2003)1204-7
- 6) MasaoYoshizaki etc., *Photochemistry* 26 (1987)2557-2558
- 7) Mouna Abid etc., *J. Food Sci. Technol.* 54(9) (2017)2890-2901
- 8) Carla Marrassini etc., *Biacpma*. 22(1) (2023)48-58
- 9) Xi Duan etc., *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 190(2019)76-85

県産植物バイオマス資源由来の機能性商品の開発（第2報）

ミソハギ (*Lythrum anceps*) 抽出物に含まれる α -グルコシダーゼ阻害活性成分に関する研究

鈴木 大進 岡崎 由佳 篠原 速都*¹ 川北 浩久*¹

金 哲史*² 柏木 丈弘*³ 渡邊 浩幸*⁴ 水上 元*⁵

Development of functional products derived from prefectural plant biomass resources

Studies on the α -glucosidase inhibitory components contained in extracts of *Lythrum anceps*.

Masanobu SUZUKI Yuka OKAZAKI Hayato SHINOHARA*¹ Hirohisa KAWAKITA*¹
Chul-Sa KIM*² Takehiro KASHIWAGI*³ Hiroyuki WATANABE*⁴ Hajime MIZUKAMI*⁵

高い健康機能性が見いだされているミソハギ属植物の一種であるミソハギ (*Lythrum anceps*) について、 α -グルコシダーゼ阻害活性を指標として機能性成分の分離・同定を行い、機能性関与成分として granatin A, helioscopinin A を初めて見いだした。

1 はじめに

ミソハギ (*Lythrum anceps* (Koehne) Makino, 図1) は、主としてアジア、北アフリカ、ヨーロッパに分布し、日本では主として湿原や小川、用水路の縁等で生育するミソハギ科の多年草の一種である。本植物は、当初ミソハギ科のエゾミソハギ (*Lythrum salicaria* L.) の変種として分類されていたが、後に牧野富太郎博士により再分類され、種として独立した。また本植物は、生薬名「千屈菜」としても知られており、のどの渇き止め等の目的で飲用されることがあるほか、食用として、和え物、炒め物、佃煮等に調理されることもある。



図1 ミソハギの花

現在、日本では高額化する医療費を抑えるべく予防医療に注目が集まっており、疾病の発病リスクの軽減に効果的かつ安全な飲食品、医薬品又は医薬部外品の開発が強く望まれている。

これまでに我々の研究グループでは、有用な生理

活性を有する植物として選抜した本植物の抽出物が、体重増加抑制効果や内臓脂肪減少効果、血中の中性脂肪抑制など、いわゆる生活習慣病を予防・改善する効果を有することをマウスを用いた動物実験で確認している¹⁾。

本植物は、前述の通りエゾミソハギ (*Lythrum salicaria* L.) の同分類群であり、エゾミソハギは、いわゆる薬草の一つとして、伝統的に出血、感染創、赤痢などの治療に用いられてきた。エゾミソハギの主成分としては、エラジタンニン類、フラボノイド C-グルコシドなどが知られており、これらのうち、エラジタンニン (vescalagin, castalagin, salicarininA-C) に抗炎症及び抗菌活性があることはこれまでの研究で明らかとなっている²³⁾。一方で、これらのミソハギの主成分と生活習慣病の改善効果についての関連は明らかになっておらず、ミソハギに含まれる関与成分は未だ不明である。

このことから、本研究では *in vivo* で有用な生理活性が見いだされたミソハギに着目し、生活習慣病の改善効果に関与する成分を明らかにすることを目的とした。具体的には、ミソハギのアルコール抽出物に含まれる成分の単離・同定を行い、 α -グルコシダーゼ阻害活性成分の解明を目指した。

α -グルコシダーゼは、マルターゼ、イソマルターゼ、スクラーゼ等の総称であり、主に小腸内に存在し、二糖類を単糖へと加水分解を行う酵素である。食事により体内に摂取された二糖類は、 α -グルコシダーゼの作用によってブドウ糖などの単糖に分解され、血管に吸収されて血糖値が上昇する。不

*1 元高知県工業技術センター
*2 元高知大学農林海洋科学部
*3 高知大学農林海洋科学部
*4 高知県立大学健康栄養学部
*5 元高知県立牧野植物園

摂生な食事による食後の急激な血糖値の上昇は、繰り返すことにより血管壁に損傷を与え、高脂血症や糖尿病などのいわゆる生活習慣病へとつながることから、 α -グルコシダーゼ活性を阻害することによって糖の吸収を緩やかにし、生活習慣病の原因となる食後の血糖値上昇を改善することが期待できる。以上のことから、生活習慣病予防の作用点として α -グルコシダーゼは非常に重要な酵素の一つである。

2 実験方法

2.1 実験材料

試験に供したミソハギは、高知県仁淀川町で採取した。植物体は40℃で24時間乾燥を行って含水率8%以下としたものを保存し、適時裁断して実験に供した。

2.2 抽出物の調整と単離・同定

2.2.1 抽出物の調整

成分の単離・同定に用いたメタノール抽出物は、以下の方法で調製した。

乾燥植物体を細かく裁断した後、室温下で植物体に対して約10倍量の80%メタノールに72時間浸漬後、5B濾紙を用いて濾過し、濾液を回収した。濾過残渣に再度同量の溶媒を加え、75℃で3時間加熱抽出、5B濾紙を用いて濾過した。濾液回収後、更に残渣に同量の溶媒を加え、60℃で1時間超音波抽出、5B濾紙を用いて濾過した。濾液を全て合わせ、減圧下で濃縮した。溶媒が完全に留去されるまで濃縮した後、真空凍結乾燥処理し、メタノール抽出物とした。抽出率は、乾燥植物重量当たり約25%であった。

2.2.2 液液分配

得られたメタノール抽出物に対し、液液分配による分画を行った。

ミソハギ乾燥植物体のメタノール抽出物(乾固物重量:8.02g)を50%メタノール/水で懸濁し、*n*-ヘキサンで3回液液分配を行った。50%メタノール/水層を回収後、メタノールを濃縮・留去した後、水を添加し、酢酸エチルで3回液液分配を行った。

分配後、それぞれの溶媒層を濃縮・乾固し、*n*-ヘキサン抽出物(0.14g)、酢酸エチル抽出物(1.35g)、水抽出物(7.88g)を得た。

2.2.3 ODS中圧カラムクロマトグラフィー

得られた水抽出物をODS中圧カラムクロマトグラフィー(ODS:Chromatorex ODS DM1020T(FUJISILYSIA CHEMICAL LTD.製、100-200mesh)、カラムサイズ:50mmi.d.×170mm、溶離液:メタノール/水=0, 20, 40, 100%;各3400mL)に供し、ODS0%溶出部(1.50g)、ODS20%溶出部(0.66g)、ODS40%溶出部(0.19g)、ODS100%溶出部(0.16g)を得た。

各画分を、2.3 α -グルコシダーゼ阻害活性測定法の記載に従って評価し、阻害活性の高かったODS20%溶出部及びODS40%溶出部について、さらに分画を進めた。

2.2.4 ODS20%溶出部の分画

ODS20%溶出部は、逆相系のHPLCを用い、保持時間に従ってFr.1~3の3つの画分に分画した(図2)。HPLC分取の条件は下記のとおり。

分析装置:島津製作所製 LC-10A

カラム: COSMOSIL 5C18-MS-II

(10mmi.d.×250mm, Nacalai tesque 製)

溶離液:20%メタノール/水

流速:3.0mL/min

検出器:紫外分光検出器(UV)

カラム温度:40℃

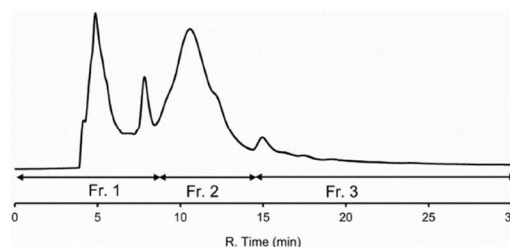


図2 ODS20%溶出部のHPLC分取画分

各画分の α -グルコシダーゼ阻害活性を測定し、最も阻害活性の高かったFr.2について、溶離液を10%アセトニトリル/水に変更し、再度HPLC分取を行った。保持時間に従い、Fr.2-1~2-3の3つの画分に分画し、主要なピークであるFr.2-2を化合物A(9.8mg)として単離・精製した後、アセトン化処理してNMR分析(JNM-ECX 500, JEOL製)に供した。アセトン化した化合物AのNMRデータは以下のとおり。

NMRデータ(Acetonyl): ^1H NMR (Acetone- d_6 , 500 MHz) δ : 2.18(s), 2.77(d, J=15.0Hz), 3.26(d,

J=15.0Hz), 4.11(dd, J=11.5, 5.0Hz), 4.53(s), 4.63(d, J=13.0, 5.5Hz), 4.96(dd, J=12.0, 12.0Hz), 5.01(s), 5.17(s), 6.10(s); ^{13}C -NMR (Acetone- d_6 , 125 MHz) δ : (CH₃)32.2, (CH₂)50.1, 64.7, (CH)51.6, 60.8, 69.3, 70.7, 71.4, 90.3, 108.7, 109.5, 114.1, 127.8, (C=O)210.3, (C=OO)165.4, 166.6, 167.4, 170.1 (C)81.2, 110.2, 116.0, 117.3, 117.7, 119.7, 125.0, 125.5, 136.6, 137.0, 137.6, 144.8, 144.9, 145.0, 145.4, 145.4, 147.0, 147.4, 199.3.

2. 2. 5 ODS40%溶出部の分画

ODS40%溶出部は、HPLC を用い、保持時間に従って Fr. 1~4 の4つの画分に分画した (図3)。HPLC 分取の条件は下記のとおり。

分析装置: HITACHI 製 L-6200

カラム: COSMOSIL 5C18-MS-II

(10mmi. d. \times 250mm, Nacalai tesque 製)

溶離液: 30%メタノール/水

流速: 3.0mL/min

検出器: 紫外分光検出器 (UV)

カラム温度: 40°C

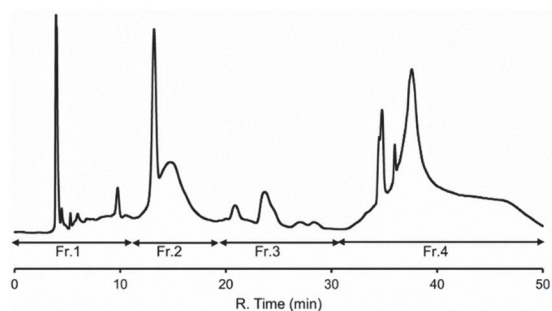


図3 ODS40%溶出部のHPLC分取画分

各画分の α -グルコシダーゼ阻害活性を測定し、最も阻害活性の高かったFr. 2について、溶離液を20%アセトニトリル/水に変更し、再度HPLC分取を行った。保持時間に従い、Fr. 2-1~2-5の5つの画分に分画し、主要なピークであるFr. 2-4を化合物B (30.6mg)として単離・精製した後、アセトン処理してNMR分析 (JNM-ECX 500, JEOL 製) に供した。アセトン化した化合物BのNMRデータは以下のとおり。

NMRデータ (Acetonyl): ^1H NMR (Acetone- d_6 , 500 MHz) δ : 2.14(s), 2.93(d, J=16.1Hz), 3.46(d,

J=15.5Hz), 4.24(dd, J=12.0, 6.0Hz), 4.78(dd, J=12.0, 5.0Hz), 4.94(d, J=1.0Hz), 5.08(br. s), 5.31(br. s), 5.33(t, J=12.5Hz), 5.99(d, J=3.0Hz), 6.2(s), 6.31(d, J=1.0Hz), 6.57(s), 6.92(s), 7.15(s), 7.15(s), 7.22(s); ^{13}C -NMR (Acetone- d_6 , 125 MHz) δ : (CH₃)32.1, (CH₂)49.2, 63.9, (CH)51.9, 61.4, 67.2, 68.3 71.1, 90.0, 109.6, 109.8, 111.3, 111.3, 113.7, 127.5, (C=OO)164.7, 164.9, 165.0, 166.3, 169.4, 206.3, (C)81.0, 109.8, 116.4, 117.8, 117.8, 119.8, 120.3, 124.8, 125.9, 137.1, 137.1, 137.1, 144.7, 144.8, 144.9, 145.1, 145.3, 146.2, 146.2, 147.1, 147.4, 197.6.

2. 2. 6 酢酸エチル抽出物の分画

2. 2. 2の液液分配により得られた酢酸エチル抽出物について、 α -グルコシダーゼ阻害活性を指標として、シリカゲル中圧カラムクロマトグラフィー (シリカゲル: Wakogel C-300 (Wako pure chemical industries, Ltd. 製、45-75mesh)、カラムサイズ: 20mmi. d. \times 280mm、溶離液: 酢酸エチル/*n*-ヘキサン=40, 60%, 80%, 100%; 各1300mL) に供し、阻害活性の高かった80%酢酸エチル溶出部 (0.98g、データ未記載) について、さらにODS中圧カラムクロマトグラフィー (ODS: Chromatorex ODS DM1020T (FUJI SILYSIA CHEMICAL LTD. 製、100-200mesh)、カラムサイズ: 15mmi. d. \times 300mm、溶離液: メタノール/水=0, 20, 40, 100%; 各600mL) に供し、同様に阻害活性の高かったODS40%溶出部 (0.13g) をさらに下記条件のHPLCで分画し、最終的に単離化合物C (97.1mg) を得た。本化合物は、NMR分析の結果、化合物Bと同一であった。

分析装置: 島津製作所製 LC-10A

カラム: COSMOSIL 5C18-MS-II

(10mm i. d. \times 250mm, Nacalai tesque 製)

溶離液: 20%アセトニトリル/水

流速: 3.0mL/min

検出器: 紫外分光検出器 (UV)

カラム温度: 40°C

2. 3 α -グルコシダーゼ阻害活性評価

評価試験は、平成25年度高知県工業技術センター報告⁴⁾に従って行った。

ラット空腸由来の粗 α -グルコシダーゼ画分は、Kesslerらの方法に準じて刷子縁膜分画を調整して用いた。すなわち、SD系雄性ラット (体重約250g)

をイソフルラン麻酔下により心臓採血後に回復し、空腸部をトライツ靱帯から下方へ20cmにわたって摘出した。切開した空腸内部を氷冷した生理食塩水で洗浄後、粘膜をスライドガラスを用いてこそぎとり、50mM マンニトール含有2mM トリス・塩酸緩衝液 (pH 7.1) を加えて、氷冷しながらホモジナイザーを用いて微細化した。

これに塩化カルシウムを10mMになるように添加し、4℃で15分間放置後に遠心分離 (3000×g, 4℃, 15分) を行った。得られた上清をさらに遠心分離 (27,000×g, 4℃, 15分) し、沈殿部 (刷子縁膜分画) を得た。これを0.1M マレイン酸緩衝液 (pH 6.0) に懸濁し、Lowly法でタンパク量を測定した後、試験に供するまで-20℃で保存した。

0.1M マレイン酸緩衝液 (pH 6.0) 300μL、ジメチルスルホキシド (DMSO) (Nacalai tesque 製、分子生物学用試薬特級) に溶解した植物抽出物10μL (10mg/mL)、250mM マルトース100μLを混合し、これに緩衝液で希釈した粗α-グルコシダーゼ画分50~100μLを添加して37℃で30分間反応後、沸騰水浴中に試験管を2.5分間浸漬した。陰性対照 (N. control) としては、植物抽出物の代わりにDMSOを10μL添加し、陽性対照 (P. control) には、0.5mg/mLになるようDMSOで調製したカメラアエキス (太陽化学(株)社製) を用いた。

反応後に生成したグルコース量は、グルコースCII-テストワコー (ムタローゼ・GOD法) を使用して行った(式1)。本法において試料中のグルコースは、発色剤に含まれるムタローゼ、グルコースオキシダーゼ (GDO) 及びペルオキシダーゼ等の作用により赤色の色素を生じ、この赤色の吸光度を測定することにより試料中のグルコースを定量した。なお、3回繰り返し測定による阻害率は、平均値±標準誤差で表した。

$$\alpha\text{-グルコシダーゼ阻害率 (\%)} = \{1 - (A-B) / (C-d)\} \times 100 \quad (1)$$

- A: サンプルのグルコース生成量
- B: サンプルブランクのグルコース生成量
- C: コントロールのグルコース生成量
- D: コントロールブランクのグルコース生成量

3 結果と考察

ミソハギのメタノール抽出物を液液分配し、得られたn-ヘキサン抽出物、酢酸エチル抽出物、水抽

出物についてα-グルコシダーゼ阻害活性評価を行った結果を図4に示す。評価試験の結果、ミソハギに含まれるα-グルコシダーゼ関与成分は水抽出物、次いで酢酸エチル抽出物に多く含まれる可能性が高いことが明らかとなった。

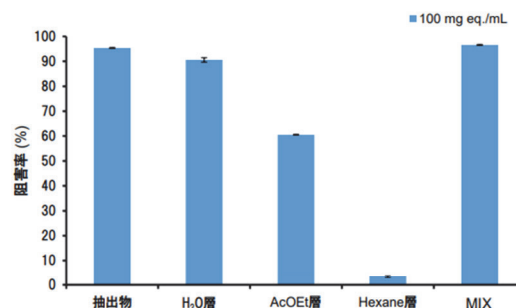


図4 液液分配画分のα-グルコシダーゼ阻害活性評価結果

この結果を踏まえ、関与成分が多いと考えられる水抽出物を各種クロマトグラフィーに供し、α-グルコシダーゼ阻害活性を指標として関与成分の単離・構造決定を試みた。

水抽出物をODS中圧カラムクロマトグラフィーにかけて得られたそれぞれの溶出部について、α-グルコシダーゼ阻害活性評価を行った結果を図5に示す。分画の結果、阻害活性は主にODS20%溶出部及びODS40%溶出部で確認され、また分画した画分を全て再度同量で配合したMIX画分で分画前と同様の阻害活性を示したことから、ODS20%溶出部及びODS40%溶出部のそれぞれに関与成分が存在することが示唆された。

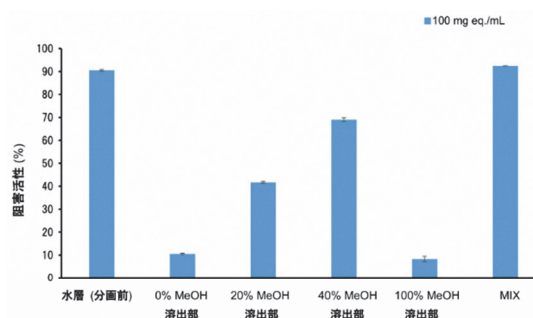


図5 ODS 溶出画分のα-グルコシダーゼ阻害活性評価結果

ODS20%溶出部及びODS40%溶出部のそれぞれの画分について、さらにα-グルコシダーゼ阻害活性を指標としてHPLCによる分画を進めた結果、

ODS20%溶出部からは化合物AをODS40%溶出部からは化合物Bを得た。

また、図4のとおり、液液分配画分で水画分に次いで阻害活性の高かった酢酸エチル抽出物についても、水抽出物と同様に各種クロマトグラフィーにより分画・精製を進め、 α -グルコシダーゼ阻害活性関与成分として、最終的に化合物Cを得た。

それぞれの化合物はNMR測定の結果、互変異性して平衡状態にあることが示唆されたため、各化合物をアセトン化処理し、アセトン化したそれぞれの化合物について再度NMR測定を行った。測定の結果、化合物Aはgranatin A、化合物B,Cはhelioscopinin Aとそれぞれ文献値⁵⁾のケミカルシフトがほぼ一致したことから、化合物Aをgranatin A、化合物B,Cをhelioscopinin Aと同一とした(図6)。

Granatin Aは、これまでに知られている限り、生理活性に関する研究報告はほとんどなく、弱い炭酸脱水酵素阻害が確認されているのみである⁶⁾。また、helioscopinin Aは、ロイコトリエン阻害剤として注目されている成分の一つであり、抗アレルギー効果について研究が進められている⁷⁾。

Granatin Aとhelioscopinin Aは、両成分共にこれまで α -グルコシダーゼ阻害活性に関する報告がほとんど無く、新規の α -グルコシダーゼ阻害活性成分であると考えられる。しかし、どちらの成分もエラジタンニン類に属する化合物であり、エラジタンニン類として知られるcasuarictinやeugeniinは、すでに α -グルコシダーゼ阻害活性を示すという報告が既になされている⁸⁾。従って、本研究により単離されたgranatin Aとhelioscopinin Aで強い α -グルコシダーゼ阻害活性が確認されたことは妥当性が高いと考えられる。

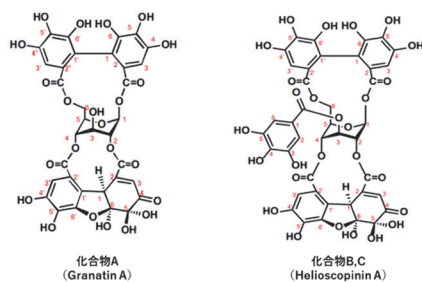


図6 化合物A~Cの構造式

4 まとめ

県産ミソハギの抽出物から、 α -グルコシダーゼ阻害活性成分としてgranatin A、helioscopinin Aの2成分を単離した。

既報⁹⁾によれば、granatin A及びhelioscopinin Aの50%阻害を示す濃度(IC50)は、それぞれ5.29mg/mL、0.19mg/mLで、特にhelioscopinin Aは非常に強い阻害活性を有していることが明らかとなっている。これは、既に α -グルコシダーゼ阻害剤として臨床使用されているacarbose(0.04mg/mL)には及ばないものの、天然の α -グルコシダーゼ阻害剤として研究報告のあるcaffeic acid(1.94mg/mL)や(-)-epigallocatechin(5.5mg/mL)と比較しても非常に強い活性である。

本研究より、ミソハギが有する強い生活習慣病予防効果について、少なくともこれら2成分が関与している可能性が非常に高いことが示された。特に、非常に強い活性を示したhelioscopinin Aは、体重増加抑制作用等に強く関係している可能性が示唆された。

ミソハギは高知県内で栽培され、また牧野富太郎博士ゆかりの植物でもあるため、高知県にとって利用可能性の高い植物であると言える。ミソハギの持つ機能性については未だ研究が十分とは言えず、今後も本植物に関する研究の進展が期待される。本研究成果を通じて、ミソハギの機能性食品等の素材としての利用がさらに拡大することを期待したい。

謝辞

本研究は、高知県産植物の機能性探索研究の一環として、諸先生方にご協力を頂き行いました。本研究遂行にあたり、植物の提供等にご協力頂いた牧野植物園の水上元園長や濱口宗弘様、岩本直久様、松野倫代様、動物実験等にご協力頂いた高知県立大学の渡邊浩幸先生、機能性解析や成分探索にご協力頂いた高知大学の柏木丈弘先生、金哲史先生に感謝いたします。

参考文献

- 1) 高知県工業技術センター：高知県産有用植物の利活用に向けた研究成果報告書(2021) p96-98
- 2) Becker H, Scher JM, Speakman JB, Zapp : J. Fitoterapia. 2005;76(6):580-584.
- 3) Piwowarski JP, Kiss AK. J : Med. 2015;69(1):100-110.

- 4) 岡崎由佳ほか：平成25年度高知県工業技術センター研究報告, 45, (2014)38-52)
- 5) Takashi Tanaka, Hiroshi Fujioka, Genitiro Nonaka, Itsuo Nishioka : Chem. Pharm. Bull., 40 (11), p.2937-2944 (1992)
- 6) Hayato Satomi, Keijirou Uemura, Akira Ueno, Tsutomu Hatano, Takuo Okada, Tadataka Noro : Biol. Pharm. Bull., 16 (8), p.787-790 (1993)
- 7) M. Chaabi, V. Freund-Michel, N. Frossard, A. Randriantsoa : Journal of Ethnopharmacology 109 134-139 (2007)
- 8) Miou Toda, Jun Kawabata, Takanori Kasai : Biosci. Biotechnol. Biochem., 65 (3), 542-547, (2001)
- 9) 田中 結里 : 高知大学 修業論文 (2017)

魚皮の振動共鳴体としての可能性（第1報）

山下 実 上田 竜平 高橋大海*1 杵屋 彌之吉*2

Possibility of fish skin as a vibration resonator (Part 1)

Minoru YAMASHITA Ueta RYUHEI Hiromi TAKAHASHI*1 Yanokiti KINEYA*2

地域材料を使用した楽器開発を行う中、近年高知県の企業が開発した魚皮に注目し、その振動共鳴体としての可能性を検討した。湿潤時及び乾燥時の皮厚、含水による寸法変化、破断強度、破断伸度の測定、プロトタイプを使用したプロ奏者による試奏によりその可否を確認した結果、魚皮が振動共鳴体（三味線の胴皮）として使用可能であることが示唆された。

1 まえがき

近年、これまでは利用されていなかった魚皮の工業的な利用が高知県の企業によって事業化された。地域材料を使用した楽器開発（三味線）に取り組む中、魚皮の振動共鳴体としての可能性に着目し、利用の可否を検討するべく試験を行った。

魚皮は、歴史的には貴重な副産物的水産資源として活用されてきた。特に獣皮が不足した戦時中には大型魚類であるサメ皮の量産が進められた¹⁾。

現在高知県の企業において多様な種類の魚皮革の生産・販売が行われている。その製品群は、魚類本来の特徴による繊細かつ華やかな意匠性、薄くしなやかかつ強靱な強度性能、多様な魚種によるバリエーションの豊富さ、含水状態での高い強度維持など様々な特徴を持っている。

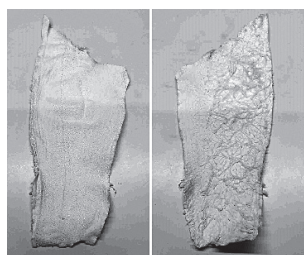


図1 ブリ皮（左：外側 右：内側）

本報告ではその「薄く強靱」な特徴に着目し、楽器（三味線）の胴皮としての使用が可能であるか、また三味線の振動共鳴体として機能しうるのかについて検討した結果を報告する。

2 実験

2.1 魚皮厚さ測定

代表的な魚皮としてブリとタイの皮（なめし処理後）について、気乾時の厚みを測定した。比較対象として、犬皮（実際の三味線に使用されていたもの）についても同様に測定を行った。

試験片は皮から幅10mm長さ50mmを1種につき3片切り出し、中心部の厚みを測定した。測定にはマイクロメーター（ミットヨ社製MCD-25MX）を使用し、φ6mmの円形測定子を用いて測定した。

2.2 含水による寸法変化の測定

なめし処理後の魚皮から頭尾方向150mm、背腹方向150mmの試料を切り出し、3日間常温水中に浸せき後、寸法測定を行った。測定は金属製直定規で行った。試験体数はN=3とした。

2.3 引張破断強度及び伸び率の測定

魚皮の頭尾方向及び背腹方向について引張試験を行い、引張弾性率、破断強度、伸び率を求めた。

試験は湿潤試料と気乾試料について行った。試料寸法は20mm×100mm、つかみ具間長さは50mm、引張速度は5mm/minとした。

試料調製は、湿潤試料では水中浸せきを常温で3日間行い、気乾試料は恒温恒湿槽（エスペック（株）社製PL-4KPH）を用いて25°C50%Rh24時間の条件で乾燥して調整を行った。

試験装置は（株）島津製作所製UH-F1000KNを使用し、試験体数はN=3とした。

2.4 試作

実際の三味線のサイズに準じて外寸155mm×145mm、内寸115mm×115mmの木枠を作成し、その表裏に魚皮を張り付けることによってモデル的な三味線の胴を作成した。

作成工程は、水中浸せきにより湿潤状態にしたブリ皮を200mm角に裁断し、これを上下左右に伸展し

*1 興洋フリーズ株式会社(Ocean Leather)

*2 一般社団法人長唄協会 所属

た状態で木枠の片面に接着、もう片方の面にも同様の方法で接着、という手順で行った。

接着剤は1液性の木材用接着剤を使用し、プレス圧10kgf/cm²、圧縮時間15時間、圧縮温度50℃の条件で接着と皮の乾燥を同時に行った。

3 結果と考察

3.1 魚皮厚さ

測定した魚皮の厚さは平均値でブリが0.26mm、タイは0.13mmであった。比較対象として用意した犬皮の厚みは0.38mmであった。今回の試験および試作には比較的厚みが近いブリ皮を使用することにした。

3.2 含水時の寸法変化

ブリ皮は気乾状態から含水して湿潤状態になることにより膨張した。膨張率は平均値で頭尾方向が7.2%、背腹方向が12.3%で、背腹方向がわずかに大きくなる傾向であった。

3.3 引張破断強度及び伸び率

湿潤時及び乾燥時の引張破断強度と破断時の伸び率を表1に示す。

乾燥時の破断強度は、頭尾方向で16.6N/mm²背腹方向で12.5 N/mm²、破断時伸び率が頭尾方向が59.9%背腹方向で57.0%であった。

湿潤時の破断強度は頭尾方向で15.3N/mm²背腹方向で13.9N/mm²、破断時伸び率が頭尾方向で87.1%背腹方向で79.1%であった。

頭尾方向と背腹方向の差は大きくなかったため、使用時に採取方向を意識する必要性は低い。

	破断強度(N/mm ²)		破断時伸び率(%)	
	頭尾方向	背腹方向	頭尾方向	背腹方向
乾燥時	16.6	12.5	59.9	57.0
湿潤時	15.3	13.9	87.1	79.1

表1 引張破断強度及び破断時伸び率

引張試験における応力と伸び率のグラフの一例を図2示す。このグラフから、頭尾方向、背腹方向ともひずみ（魚皮の伸び率）40%程度で応力が3 N/mm²程度であることを読み取ることができる。仮に、ブリ皮の厚さ0.26mm、200mm角のブリ皮を左右に伸ばすことを想定すると、約15kgfの引っ張り力が必要であることになる。

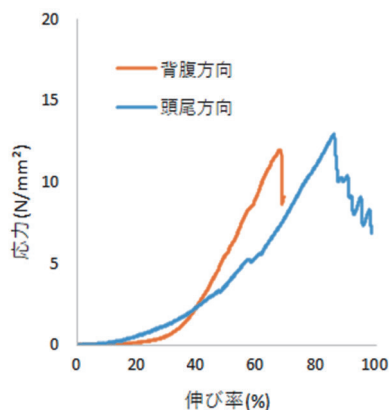


図2 応力-伸び率グラフ

3.4 試作及び試奏

ブリ皮を木枠に張り付けることによって三味線の胴を作成した。

さらにこれを加工し、竿と弦を取り付けることによって実際に発音が可能なプロトタイプを作成した。これを図3に示す。

プロトタイプを使用しプロ奏者による試奏を行った。その結果として獣皮に近い音が出ているという意見を得ることができた。

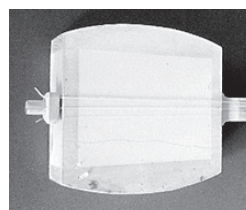


図3 試作した三味線の胴部分

4 まとめ

県内企業が製造する魚皮について、振動共鳴体（三味線の胴皮）としての利用の可能性を材料評価と試作物の評価により検討した。それぞれにおいて良好な結果を得ることができた。今後は音響特性に関する測定も行いたい。

謝辞

本試験のプロトタイプ試作には株式会社土佐組子の岩本大輔様にご協力をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

1) 越智通秋：魚皮鞣製に関する基礎的研究、鹿児島大学水産学部紀要 11 (1), 65-109, 1962-09-20

植物系材料とプラスチックの混練に関する技術レポート（第1報）

鶴田 望

Technical report on blending plant-based materials with plastics(Part 1)

Nozomu TSURUTA

植物系材料とプラスチックを混練した複合材料においては、これら材料を均一化することが課題である。材料としての強度物性を求める場合、母材であるプラスチックに対し植物系材料を均一に分散させる必要がある。しかしながら、植物系材料を混練しても、植物系材料の凝集塊を生じる。今回は、この凝集塊を低減させる混練手法を検証し、混練機の通過回数を増やせば凝集塊を低減できることを示した。

1 背景

セルロース繊維などの植物由来の素材とプラスチックとの複合化は古くから研究されており、ウッドプラスチック複合材(WPC)¹⁾として知られている。2000年以降の地球温暖化対策として石油資源からの脱却が謳われ、植物由来の原料を利用した手法の一つとしてWPCが注目されている。WPCは一部の分野でしか受け入れられていないものの、プラスチックの使用量を削減するためには有益な手段である。

WPCのような植物由来の繊維を配合した複合材料では、配合した植物系材料の分散が重要である。植物系材料が偏在するようであれば、材料の構造的欠陥になる。そのため、植物系材料がプラスチックと均一になるよう混練する必要がある。しかしながら、植物系材料を増量していくと偏在として細かな塊を生じ構造的欠陥の一因となる。今回はこのような植物系材料の塊を低減する混練手法を検討した。

2 実験

2.1 バルク材としての強度

各試験に使用したサンプルは、2軸混練機((株)東洋精機製作所ラボプラストミル)を用いて所定の配合比で作製した。植物系材料とポリプロピレンを170~180℃で混練し、ペレタイザーを通してペレットに加工した。ペレットは射出成形機(日精樹脂(株)NS60-9A)で1A型ダンベル試験片形状に成形した。成形したダンベル試験片は、オートグラフ((株)島津製作所AKIS-50KN)で引っ張り強度を測定した。

試験に使用した試料は、クロスビーターミルで

0.5mmフィルターを通した植物系繊維を10%配合したポリプロピレンを作製し、2軸混練機の通過回数を変えてペレット化したものをダンベル型に成形した。

2.2 植物系材料の分散性の評価

植物系材料の配合率を30%として、PPの複合材料を作製した。試料の混練は、全ての材料を均等に分割して混練していく手法(以下、均等投入と表記)と全てのPP樹脂に対し、植物系材料を徐々に投入し濃度を上げていく手法(以下、逐次投入と表記)の2種の手法で混練した。試作したペレットから1g分取して小型熱板プレス機で加熱溶解し、面圧10MPaでプレスして薄膜を作製した。植物系材料の塊の評価は、目視やデジタルマイクロスコープを用いて観察した。

3 結果

3.1 バルク材としての強度試験の結果

表1に射出成形したダンベル型試験片の引っ張り試験結果を示す。最大強度は、混練機の通過回数(pass数)が多くなるにつれ、増大する傾向があるが、有意差が生じるほどではない。一方、試験片の伸びは、局所的な伸展状態から、加重域全体で伸展するような状態になっており、これは植物系材料が均一に分散した結果によると考えられる(図1)。

表1 ダンベル型試験片の引張強度

混練機の通過回数 (pass数)	最大強度(MPa)
2	24.23
4	25.81
6	25.80



図1 pass数違いによるダンベル型試験片の変形状態

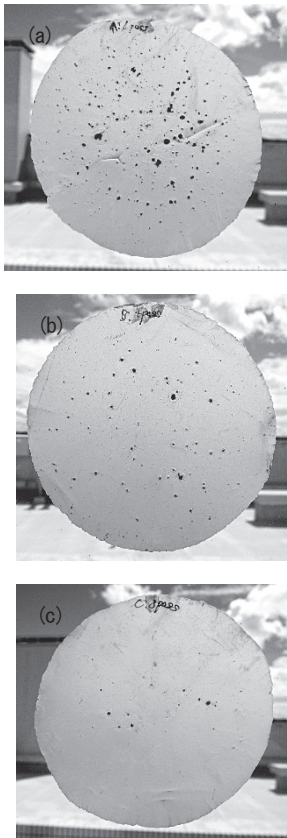


図2 各試験片の繊維塊の存在具合
(a)均等投入 2pass品 (b)均等投入 4pass品 (c) 逐次投入品

3. 2 植物系材料の分散性の評価結果

図2に各試験片の薄膜を示す。均等投入の場合、全ての材料を混練した1pass品では、多くの塊状の植物系材料が存在しており、一目で混練が不十分であることがわかる(図2(a))。

この1pass品を追加で3回混練機を通した4pass品では、1pass品に比較して塊状の植物系材料が減少しており、混練回数を増やすことで、植物系材料がより均一に分散されたと考えられる(図2(b))。

逐次投入は、PP全量に対し植物系材料を1/3ずつ混練し、徐々に植物系材料の配合比を高めていったため、4pass品と同程度の塊が認められる結果となった(図2(c))。

4 考察

均等投入では、混練機を通す回数が一回では植物系材料を均一に分散させることは難しく、通過回数を増やすことで均一性を向上させられることが示唆されたが、通過回数増加に伴うコスト増をどの程度まで許容できるかを検討しておく必要がある。

一方、逐次投入においては、均等投入より均一性は向上するものの、複数回混練機を通過させなければならず、同様にコスト増を検討する必要がある。

いずれの混練手法においても、現段階では繊維塊が残存しており、これを低減させる効果的な方法のさらなる検討が必要である。

混練機の通過回数を増やせば、配合する植物系材料の分散性が向上することが示唆された。これは混練機のシリンダー長を長くする事と同等であるが、シリンダーを長尺化すれば、装置のコストが増えることになり、経済的効率性を考慮した装置設計が必要となる。

5 参考文献

- 1) 木質新素材ハンドブック編集委員会、木質新素材ハンドブック、p714、技報堂出版(1996)

鉱物中炭酸量の評価手法検討

矢野 雄也

Evaluation Methods for Carbonate Content in Minerals

Yuya YANO

地球温暖化対策として、カーボンニュートラル実現に向けた取り組みが加速する中、CO₂ 鉱物化技術は注目を集めている。本研究では、鉱物中の炭酸量を評価するための手法として、XRD、TG-DTA、CS 計の3つの手法を用い、その精度と適用性を比較検討した。実験では、消石灰及びセメント粉末の模擬試料を用い、炭酸化を行った。その結果、XRD は複雑な試料では精度が低く、TG-DTA は炭酸塩以外の成分の影響を受けやすい事が分かった。一方、CS 計は最も精度が高く、簡便かつ迅速な方法であると判明した。今回の模擬試料では、CS 計が最も適していると考えられる。これらの結果から、好物中の炭酸量を評価するには、試料の種類や目的によって適切な方法を選択する必要がある。

1 まえがき

持続可能な地球環境を守るため、地球温暖化対応として、2050年のカーボンニュートラル実現に向けた取り組みが世界中で加速している。日本においても「グリーン成長戦略」が策定され、そのキーテクノロジーとして「カーボンリサイクル」を位置づけている。

カーボンリサイクルとは、CO₂を資源として捉え、分離・回収し、さまざまな製品や燃料に再利用することで、CO₂排出を抑制する技術である。

その中でも、「CO₂ 鉱物化」技術は、ネガティブエミッション技術の一つとして期待されている。CO₂をアルカリ土類金属と反応させることで、化学的に安定な炭酸塩に変換固定するこの技術は、水素を原料とする燃料や化学品へのCO₂転換技術と比べて、コスト面で優位性を持つことから、早期の社会実装が期待されている。

CO₂ 鉱物化技術の鍵となるアルカリ土類金属源として、蛇紋岩（主にMg₃Si₂O₅(OH)₄）など地層中のCa・Mg

や、産業廃棄物・副産物のコンクリートや炭酸塩などが挙げられる。これら資源は埋蔵量・利用量が多く、固定化ポテンシャルが高いことから、特に注目されている。

本研究では、鉱物化によるCO₂固定量を評価すべく、その手法を検討した。

2 実験方法

鉱物中の炭酸量を評価する手法として、一般的に表1に示した方法が考えられる。本研究では、手順の簡便さ、微量炭酸量に対する精度、共存物質への耐性を考慮し、XRD、TG-DTA、CS 計の3つの手法を用いて検証を行った。

試料は、消石灰及びセメント粉末に消石灰を10wt%添加、混合したものを用いた（以下、セメント混合物とする）。それらを、炭酸ガスを封入したデシケータ中で常温で一晩放置し、炭酸化させたものを評価した。

表1 鉱物中の炭酸量の評価手法例

手法	特徴	予想されるメリット	予想されるデメリット
X線回折 (XRD)	X線を試料に照射し、化合状態を評価	・炭酸塩等の化合状態の把握が可能 ・非破壊 ・迅速 ・簡便	・微量含有量に不向き ・複雑な化合状態の試料の場合、評価が困難 ・高額装置が必要
蛍光X線分析 (XRF、EDS)	X線や電子線を試料に照射し、炭素量を評価	・非破壊 ・迅速 ・簡便 ・炭素以外の不純元素も把握可能	・微量含有量に不向き ・炭酸塩以外の炭素分も合算してしまう ・高額装置が必要

強熱減量 (ig. loss)	試料を加熱し、炭酸塩の脱炭酸による減量を評価	<ul style="list-style-type: none"> ・簡便 ・必要な設備が安価 	<ul style="list-style-type: none"> ・炭酸塩以外の減量を合算してしまう ・測定時間がかかる
示差熱・熱重量同時測定装置 (TG-DTA)	試料を加熱しながら、重量変化と熱量変化を評価	<ul style="list-style-type: none"> ・簡便 ・質量変化の起こる温度及び吸発熱から起因する反応が予測可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・高額装置が必要 ・試料量が少量で試料内ばらつきの影響が大きい ・正確な反応がわからず、場合により炭酸塩以外の減量を合算してしまう
炭素測定装置 ¹⁾ (TOC計、CS計、元素分析計など)	酸添加又は加熱により生じたCO ₂ 量を評価	<ul style="list-style-type: none"> ・発生するCO₂量で評価するため直接的 ・精度が高い ・迅速 ・簡便 	<ul style="list-style-type: none"> ・高額装置が必要 ・有機物の燃焼によるCO₂の合算や水や硫黄分の干渉を受ける場合がある
湿式分析 ¹⁾ (炭酸バリウム逆滴定法、容量法)	酸添加により発生したCO ₂ 量を評価	<ul style="list-style-type: none"> ・必要な設備が安価 ・精度が高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業が煩雑で時間がかかる ・人的誤差が大きい

¹⁾ JIS R 9011 石灰の試験方法に採用されている

2. 1 X線回折 (XRD)

スペクトリス(株)社製EMPYREANを用いて表2の条件で測定した。

定量評価はシミュレーション手法であるリードベルト解析を用い化合物の割合を求め、得られた化合物中のCO₂量を分子量から算出した。

表2 XRD 測定条件

[X線管球]	Cu 管球 (管電圧、管電流) (45kV、40mA)
フォーカスタイプ	ラインフォーカス
[ステージ]	スピナーステージ
試料回転 (回転速度)	あり (1s/回転)
試料ホルダ	円形金属ホルダ
ビームナイフ	あり
[光学系]	集中-反射法
[入射光学系]	BBHD
発散スリット	1/4°
マスク	10mm
ソーラスリット	0.04rad
散乱防止スリット	1°
[受光光学系]	
検出器	PIXcel ^{1D}
検出器モード	ラインスキャン 1D モード
散乱防止スリット	8mm

ソーラスリット	0.04rad
[スキャン]	ゴニオスキャンモード
測定範囲	2θ = 5~60°
ステップサイズ	0.0131°
測定時間	38 秒

2. 2 示差熱・熱重量同時測定装置 (TG-DTA)

(株)リガク社製 Thermo plus EVO2 (TG-DTA8122) を用いて表3の条件で測定した。

表3 TG-DTA 測定条件

温度プログラム	室温-10°C/分-1000°C
サンプルパン	アルミナ
加熱雰囲気	制御なし
試料量	約 10mg

2. 3 炭素硫黄分析計 (CS計)

(株)堀場製作所社製 EMIA-Step (管状電気抵抗加熱炉方式) を用いて表4の条件で測定した。

表4 CS計測定条件

測定温度	1450°C
最大積算時間	150 秒
コンパレータ待ち時間	60 秒
コンパレータレベル	1%
試料量	約 1g
助燃剤	スズ (粒状) 1g

検量線作製用試料	BAS 製 CRM489-1 (White cast iron) 堀場製作所製 JSS102-10
検量線	最小二乗法 $R^2=0.9999$

3 結果と考察

3.1 X線回折 (XRD)

XRD は炭酸塩の種類やその他の化合物の状態を把握できる点が他の手法に比べて優れていた。しかし、作業性について測定作業は簡便である一方で、データ解析は試料の構成化合物の複雑さに依存した。

図1にXRDの結果例を示す。(a)(b)は消石灰の結果であり、(a)はデータベースによる照合例、(b)は炭酸化前後を比較した例である。同様に、(c)(d)はセメント混合物の結果であり、(c)が照合例、(d)が比較例である。データベース照合において、下段が照合データにおける各成分ピーク位置と強度の目安を示し、上段が実データグラフにピーク位置などをバーで示している。比較例は炭酸化後の実データグラフをY軸方向にずらして表記している。

消石灰のようなシンプルな混合物であればデータベースによる化合物の照合も容易だったが、セメントのように構成が複雑な試料の場合、照合が難しく、照合しきれないピークも残ってしまった。また、炭酸塩のピークが他の成分の干渉を受けて埋もれてしまうケースも見られた。

リードベルト解析は、データベースの情報を基にシミュレーションを実施するため、照合の精度が定量精度に直結する。そのため、今回のセメントのような試料には不向きであると考えられる。

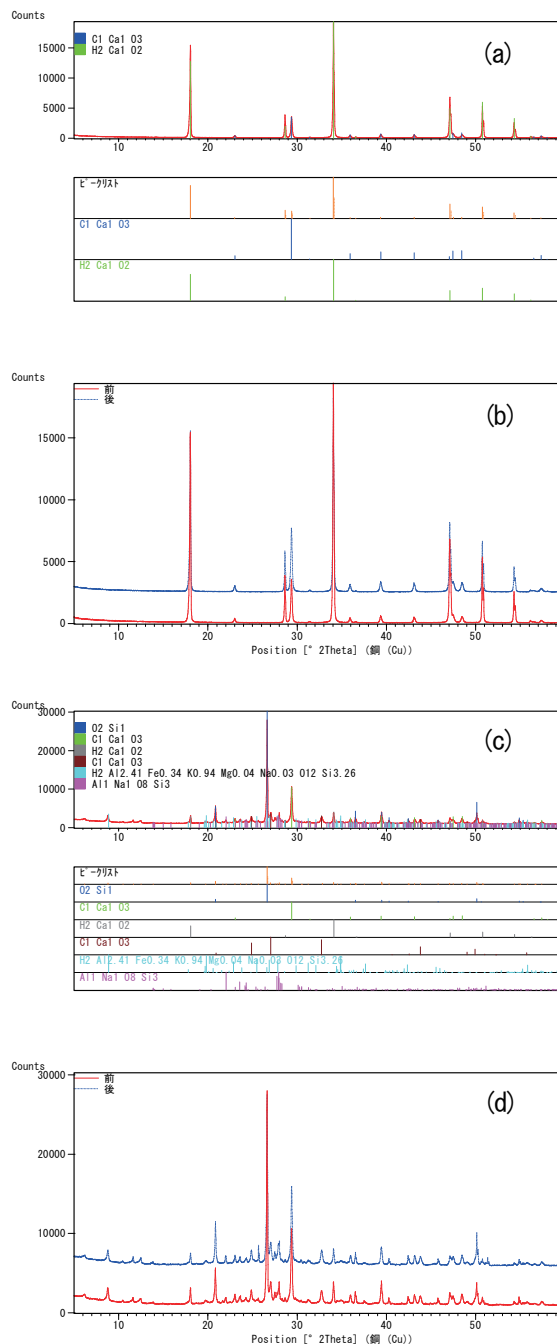


図1 XRDの結果例

- (a)(b) 消石灰 (c)(d) セメント混合物
 (a)(c) データベース照合
 (b)(d) 炭酸化前後の比較 (実線:前、点線:後)

3.2 示差熱・熱重量同時測定装置 (TG-DTA)

TG-DTA は、わずかな試料量で測定できる点で他の手法に比べ優れていた。しかし、作業性について、測定・解析作業ともに簡便である一方で、加熱・冷却のために測定時間は比較的長くなった。図2にTG-DTAの結果例を示す。

図2(a)は、参考として炭酸カルシウム試薬を測定した例である。TG グラフ及びDTA グラフから、600~800°Cで吸熱を伴う重量減少が生じている事が分かる。

$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ の反応において、理論上、脱 CO_2 による重量減少は 44.0%であるが、測定結果では 43.8%と比較的良好な結果を得られた。よって、この温度帯に生じる吸熱-重量減を CO_2 量と判断した。

図2(b)は消石灰の炭酸化前後のTG 結果を重ね合わせた例である。炭酸化前では重量減が明確であるのに対し、炭酸化後では500~600°Cで重量増加が生じており、正確な CO_2 量の評価がやや困難であった。

同様に、図2(c)はセメント混合物の炭酸化前後のTG 結果を重ね合わせた例である。450~500°Cに消石灰の脱水と思われる重量減が生じた後、800°Cまで緩やかな重量減を伴っており、評価がやや困難であった。

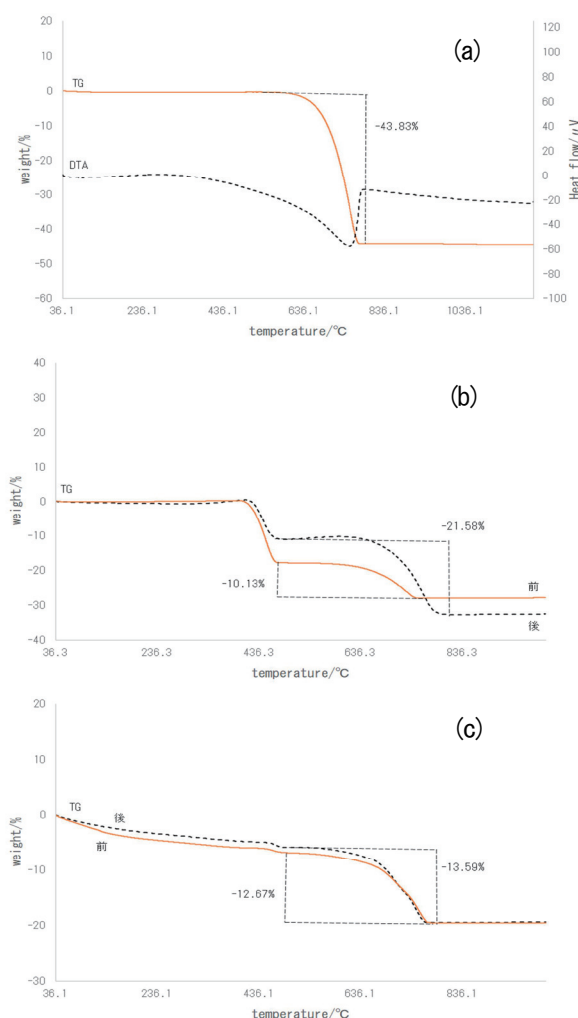


図2 TG-DTAの結果例

- (a) 参考 炭酸カルシウム試薬 (TG-DTA (実線: TG、点線: DTA))
- (b) 消石灰 (c) セメント混合物 (炭酸化前後のTG 比較 (実線: 前、点線: 後))

3. 3 炭素硫黄分析計 (CS 計)

CS 計は試料構成によらず、ほぼ確実に炭素の量を評価している点が他の方法に比べて優れていた。しかし、作業性について、測定・解析作業ともに簡便かつ迅速である一方で、使い捨ての容器を用いるため、測定コストは比較的高くなる。

図3に測定例を示す。横軸が加熱時間、縦軸が検出された炭素 (CO_2) の強度である。グラフから、加熱により十分な脱 CO_2 が得られていることが判断できるため、測定結果に安心感がある。

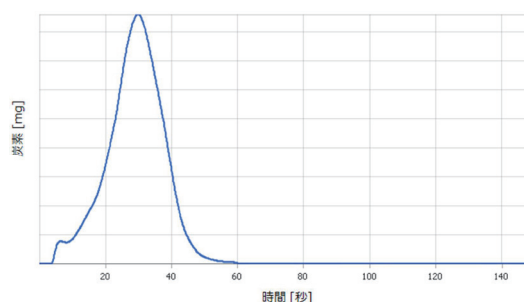


図3 CS計の結果例

3. 4 手法比較

表5にそれぞれの手法で評価した結果を示す。

CS 計は、微量濃度まで測定できるため測定精度が高い。しかし、有機物など炭酸塩以外の炭素も合算してしまう可能性があるため、注意が必要である。

3. 3で記したように本試料において、CS 計の結果が最も良好であると判断し、以降では残りの2法を比較検討する。

XRD は、3. 1に示したように、照合が容易な試料であれば比較的精度が高かったものの、照合が困難な試料では不適当な結果となった。これらの結果と同様に、炭酸量が少ない試料についても適用が難しいと予想される。一方で、一度の測定に比較的少量の試料を用いた場合、測定の繰返し精度は高かった。

TG-DTA は3. 2で示したように、脱炭酸による重量減を決めにくかった一方で、セメント混合物では良好な結果が得られた。しかし、消石灰では高めの結果となった。明確な原因は不明であるが、脱水分を合算してしまっているか、試料量が少なく試料内ばらつきの影響を受けている可能性がある。試料量や加熱条件など測定条件のさらなる精査が必要であるが、セメント混合物の結果から、検討の余地があると考えられる。

表5 各手法による結果比較

手法	消石灰		セメント混合物	
	前	後	前	後
XRD	9.2	16.1	17.2	18.1
TG-DTA	10.1	22.5	12.6	13.4
CS計	7.4	17.2	12.1	13.6

4 まとめ

今回検討した3つの手法は、それぞれ測定精度に検証の余地が残るものの、測定作業は簡便であり、試料や目的に合わせて使い分けられると考えられた。

今回の組成が複雑なセメント模擬試料におけるCO₂固定評価においては、CS計が最も適用しやすい手法と考えられる。

参考文献

- 1) JIS R 9011:2006 石灰の試験方法

プログラマブルロジックコントローラ (PLC) と CC-Link を利用した実験用ロボット作製

堀川 晃玄

DIY Robot making by using of PLC with CC-Link
Kogen HORIKAWA

県内企業の製造装置改善を目的として、装置の模倣ロボットの開発を行った。本研究では、制御命令の送出タイミングをミリ秒単位で精密に制御する必要があり、高精度な動作制御と信頼性の高い通信を実現するために、プログラマブルロジックコントローラ (PLC) と CC-Link を用いた実験用ロボットを作製した。また、PLC を活用した CC-Link 設定のポイントについても実例をもって報告する。

1 まえがき

県内企業の製造装置の改善を検討するにあたり、当該装置を模倣可能なロボットの開発が求められた。図 1 にロボットの概略図を示す。この装置では、3 台のアクチュエータを数百 mm/sec の高速でかつタイミング良く駆動する必要があり、駆動時間が最短で数百 msec と短いため、高加速度も要求される。

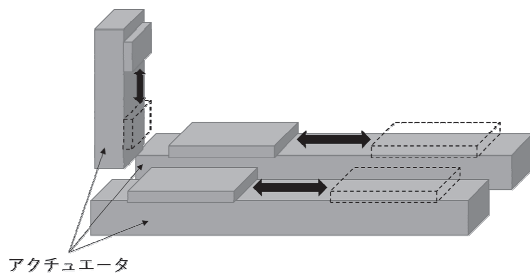


図 1 本稿で作製した実験装置の概略図

これまでに、RS485 シリアル通信とアクチュエータを用いた引張試験機の製作について報告¹⁾しているが、今回のロボットでは制御命令の送出タイミングを msec 単位で精密に制御する必要があるため、従来の手法は適用困難であった。Arduino による制御も試みたが、通信の安定性に課題が認められた。そこで、本研究では高精度な動作制御と信頼性の高い通信を実現するため、アクチュエータ制御にプログラマブルロジックコントローラ (PLC) を採用し、PLC とアクチュエータ間の通信には CC-Link を使用した。

CC-Link は接点出力方式に比べて制御ケーブルの削減が可能であり、最大伝送速度は 10Mbps と高速であるというメリットがある²⁾。これにより、高い動作精度を確保したロボットの製作に成功した。一方で、今回使用した安価な PLC には多くの機能制限があり、公開されている CC-Link の接続事例^{3,4)}をその

まま適用できず、初心者にとって多大な苦勞を強いられた。本稿が PLC や CC-Link 初心者にとって業務の参考になれば幸いである。

2 実験方法

2. 1 部品選定

2. 1. 1 プログラマブルロジックコントローラ (PLC)

PLC は価格の観点から三菱電機製の FX3G-24MT/ES を選定し、これに CC-Link ユニット FX3U-16CCL-M を接続して使用した。

2. 1. 2 アクチュエータ

高加速度 (1G 以上) を実現でき、かつ価格の安いアクチュエータの中から CKD 製の EJSG-05E200500NBN-CR03 と EJSG-05E200050NBN-CR03 を選定し、アクチュエータのコントローラは CKD 製の ECMG を用いた。この組み合わせでは、最高 1G の加速度での駆動が可能であり、1 つのコントローラで最大 16 台のアクチュエータの同時制御が可能である。

なお、ECMG は EtherCAT や PROFINET などのフィールドネットワークで PLC と接続できるモデルも存在するが、今回の構成では CC-Link しか利用できない。

2. 2 組み立て・接続設定・プログラミング

2. 2. 1 PLC と ECMG の接続

図 2 に実験装置のブロックダイアグラムを示す。PLC と ECMG は、倉茂電工製ネットワークケーブル FANC-110SBH の事例⁵⁾を参考に端末処理を行ったもので接続した。ケーブル端末には、FX3U-16CCL-M に付属している終端抵抗 (150Ω) を用いた。アクチュ

エータとコントローラはCKD製の専用ケーブル(EA-CBLM及びEA-CBLE)で接続した。

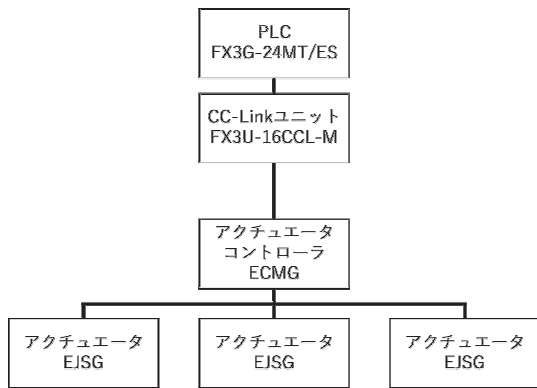


図2 システムのブロックダイヤグラム

2. 2. 2 PLCのCC-Link 接続設定

接続にはPLCとECMGそれぞれに同じCC-Linkの設定を書き込む必要がある。

ECMG側のCC-Link設定はCKD製のS-Toolsを用いて行った。すなわち、ネットワーク設定からCC-Linkの設定を選び、局番設定1、ボーレート設定10Mbps、CC-Linkバージョン1.10、拡張サイクリック設定1倍、占有局数4局とした(図3)。動作モードは、コントローラにアクチュエータの行き先及び位置情報と移動させる速度・加速度をポイントデータとして書き込んでおき、PLCからポイントデータを指定して駆動させるPIOモードを選んだ。PLCの接続設定とプログラミングは、三菱電機製の開発環境であるGXWorks2を用いた。CC-Linkのネットワークパラメータ設定は、モード設定をリモートネット-Ver.1モード、総接続台数を1、リトライ回数を3、自動複製列台数を1、CPUダウン指定を停止とした。局情報設定は局種別をリモートデバイス局、占有局数を4局占有、予約/無効局設定はなしとした。

2. 2. 3 プログラミング

CC-Link接続機器を使用する際、最も時間を要したのがコマンドの入力方法である。よくあるシリアル通信のように、ASCII文字によるコマンドを送出すれば動くというわけではない。CC-LinkによるECMGの動作コマンドは16桁の2進数であり、それぞれの桁がコマンドに対応する。ある桁がON(1)ならばアクチュエータが動作開始し、別の桁がOFF(0)ならばサーボモータを停止するといった具合である。アクチュエータの動作モードによってコマンド内容が異なっているので注意が必要である。PIOモ

ードの場合、表1に示すように、1~6桁目で動作させるポイント番号を2進数で指定する。

表1 アクチュエータ駆動命令の内容

桁	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
		割り当て無し	割り当て無し	割り当て無し	停止	アラームリセット	サーボオン	原点復帰開始	JOG移動開始(ON)	JOG移動開始(OFF)	ポイント移動開始	ポイント番号選択ビット5	ポイント番号選択ビット4	ポイント番号選択ビット3	ポイント番号選択ビット2	ポイント番号選択ビット1	ポイント番号選択ビット0

16桁の2進数列によるコマンド群を、PLCからあらかじめ決められたFX3U-16CCL-Mのバッファメモリ(BFM)に書き込むとアクチュエータが動作する。BFMは複数のメモリ領域からなり、それぞれの領域にBFM番号と呼ばれる番号が付けられている。同様に、アクチュエータの状態(例:動作終了、エラー発生)もBFMに表示される。こちらも動作コマンド同様、16桁の2進数であり、各桁のON/OFFで様々な状態を表す(表2)。コマンドをBFMに書き込むにはTOまたはTOP命令を用いる。反対にBFMの状態をPLCに読み込むにはFROM命令を用い、任意のデータレジスタにBFMの値を格納してアクチュエータの状態把握に用いる。例えば、データレジスタD1000に格納した命令を、アクチュエータ1に送信したい場合は、

TOP K0 H1E0 D1000 K1

アクチュエータ2の状態をデータレジスタD2000に格納したい場合は

FROM K0 H2E2 D2000 K1

を用いた。

表2 アクチュエータ番号と対応するBFM番号

アクチュエータ番号	アクチュエータ動作コマンド書込先BFM番号	アクチュエータ状態表示BFM番号
1	H1E0	H2E0
2	H1E2	H2E2
3	H1E4	H2E4

コマンドは表1に基づき2進数例をあらかじめExcelで作っておき、これを10進数変換した数表を作成し、この10進数を複数のデータレジスタに書き込んで用いた。コマンドの実例を表3に示す。状態把握の際はFROM命令で読み込んできたBFMに格納されている10進数で判断しても良いが、把握に必要

な桁以外の部分が変わることが多く、全てのパターンの10進数を用意するのが難しいため、BFMの内容をデータレジスタに格納した後、その中の特定の桁がONになっているかどうかをBON命令で判定するという手法をとった。

図3にラダーの実例を示す。スイッチX001をONにすると、アクチュエータ3をポイント2へ移動させた後、FROM命令でアクチュエータの状態をD2003に格納する。D2003の6桁目がONになるとアクチュエータの動作完了を示すので、これをBON命令を利用して検出し、M103のONのトリガとしている。M103がONになれば高速タイマT256を使用して250 msec待機した後、アクチュエータ3にポイント移動終了を送信した後、アクチュエータ3をポイント1へ移動させる。PLS命令はポイント移動終了を1回だけ実行するために入れており、こうしておかないとポイント移動終了命令と駆動命令が相殺してしまう動作しない。アクチュエータ3の動作完了を検出した後、高速タイマT257で1 msec待機した後、アクチュエータ2をポイント0へ移動させる命令を送信する。命令送信後高速タイマT258で5 msec待機した後アクチュエータ1もポイント0へ移動させる。

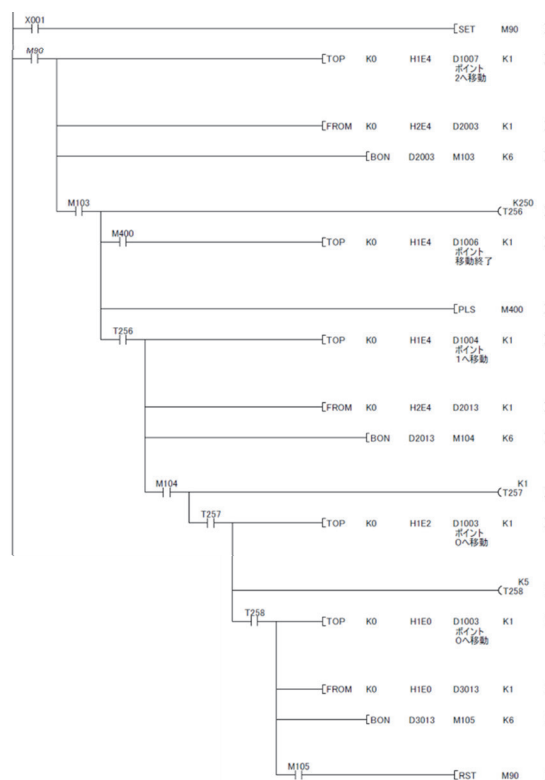


図3 ラダープログラムの実例

表3 アクチュエータ駆動命令の例

実行内容	コマンド数列	
	10進数	2進数
サーボオン	1024	001000000000
停止解除	5120	101000000000
原点復帰	5632	101100000000
ポイント0移動	5184	101000100000
ポイント1移動	5185	101000100001
サーボオフ	4096	100000000000

3 結果及び考察

FX3GをPLCとして用い、CC-Linkによるアクチュエータ制御の実例を紹介した。CC-Linkによる制御に関するインターネット上の事例は、PLCにMELSEC-Qシリーズを使った物が多く、QシリーズのPLCを使った方がCC-Link設定もラダープログラミングも容易と思われる。実際のシステム開発ではPLCの価格だけではなく、プログラムの容易さやそのモデルがどのくらい長く販売されるか、といったことも加味して選定をすることも重要であるといえる。

今回のPLCによるロボット開発の経験は、所内での分析装置作りやそれを通じた県内企業の支援に利用していく。

参考文献

- 1) 堀川晃玄、村井正徳、上田龍平: 高知県工業技術センター報告, No. 53, (2022) 26-30
- 2) CC-Link 協会ホームページ <https://www.cc-link.org/ja/cclink/cclink/index.html> (アクセス日 2025-7-10)
- 3) 株式会社栄電舎ホームページ <https://nasueidensha.com/cc-link-detail/> (アクセス日 2025-7-10)
- 4) シーケンス制御講座 https://plckouza.com/st3/st3_15.html (アクセス日 2025-7-10)
- 5) 機械組立の部屋 <https://kikaikumitate.com/post-10664/> (アクセス日 2025-7-11)

バイオコークスの利活用に関する調査研究

竹吉 優樹 山下 実 伊吹 哲*

Research on the Utilization of Bio-Coke

Yuki TAKEYOSHI Minoru YAMASHITA Satoru IBUKI

本研究では、県内におけるバイオコークス原料の調査を実施した。その結果、粉碎や乾燥などの前処理を必要としない木粉は、ほぼ別用途に利用されていることが判明した。一方、竹粉や前処理を要する農業残渣は一定量の利用が可能であることが確認された。また、これらの原料はバイオコークス化が可能であり、原料の初期含水率を約 10 重量%に調整することで、高密度の圧縮形成が可能であることも確認できた。

1 まえがき

近年、2050 年のカーボンニュートラル実現に向けた取組みが加速する中、化石燃料の代替エネルギーとして、バイオマス由来の固形燃料であるバイオコークスへの注目が高まっている。バイオコークスとは、食物加工残渣、衣料廃棄物、間伐林などの植物由来資源を原料に、近畿大学が開発した固形燃料であり、石炭コークスを代替することで化石由来 CO₂ の削減が期待されている。

本県においても、化石燃料由来の CO₂ 排出量の多い事業者では、カーボンニュートラル実現のための対策が急務となっており、バイオコークスの利用が解決策となる可能性がある。

本研究では、本県が有する豊富なバイオマス資源を活用したバイオコークスの製造可能性を検討するため、未利用バイオマス資源の調査及びこれらを原料としたバイオコークスの試作を実施した。

2 実験方法

2.1 未利用バイオマス資源調査

バイオコークスの原料となるバイオマス（木粉、間伐材、農業廃棄物、食品残渣等）について、県内事業者（製材所等）へのヒアリング調査を実施した。調査結果は、事業者から排出されるバイオマス種別及び事業者の所在地域別に集計した。

2.2 バイオコークス試作

バイオコークスは、図 1 に示す手順で図 2 に示す装置を使用し試作した。

- ①金型に原料を充填し、一定圧力で加圧した状態で目標温度まで加熱する。
- ②目標温度に達したら一定時間保持する。
- ③一定時間経過したら加圧状態で冷却する。

④冷却後、金型からバイオコークスを取り出す。

試作には、内径 30mm の金型を用いた。金型にはシートヒーターを巻き、温度コントローラで金型内の温度制御を行った。加圧には 100t 耐圧試験器を使用し、冷却は扇風機で行った。表 1 に試作条件を示す¹⁾。試作はバッチ式で、加熱・冷却にそれぞれ 40 分程度要した。

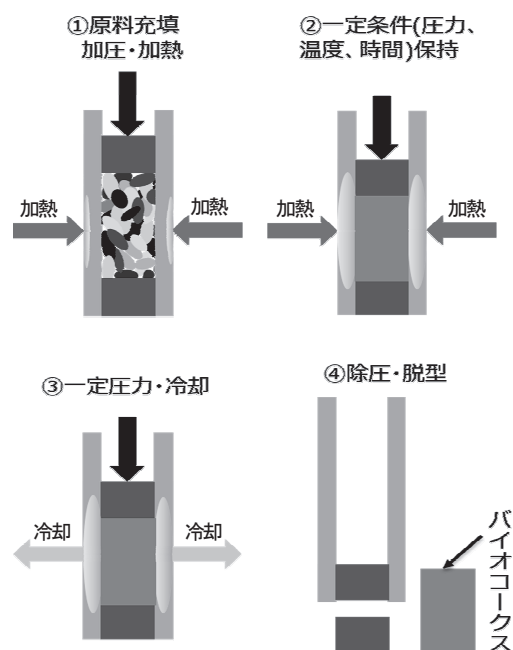


図 1 バイオコークス試作イメージ

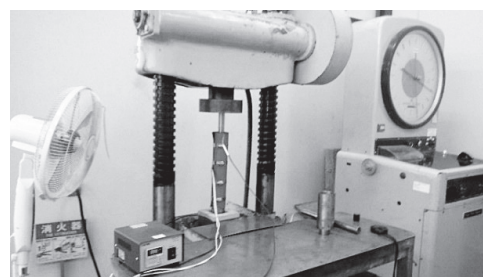


図 2 バイオコークス試作装置

* 高知県海洋深層水研究所

表1 バイオコークス試作条件

サンプル量	30g
圧力	20MPa
温度	180℃
加熱・冷却	各 40min
保持時間	10min

3 結果

3.1 未利用バイオマス資源の発生実態

調査結果を表2に示す。木粉は県内各地の事業者から発生しており、端材は県東部、樹皮は県中部で多く産出されていた。バイオコークス化を行うためには、粉碎(3mm以下)及び乾燥(含水率10%程度)の前処理が必要である。木質系バイオマスのうち、木粉は粉碎を必要とせず、県内の製材所等から年間約6,000トン発生している。しかし、木粉は乾燥機の燃料として自社消費されたり、畜産分野での活用が進んでいるため、バイオコークスの原料として利用可能な量は限られていた。

一方、竹粉は年間約240トンの利用可能量があった。また、県西部及び中部では年間600~700トンの農業残渣(ヤシ殻培地や廃菌床)が発生しているが、これらは粉碎及び乾燥の前処理が必要であった。

表2 未利用バイオマス発生量と発生地域

バイオマス種	西部(t)	中部(t)	東部(t)	合計(t)
木質系				
木粉	2,420	3,324	246	5,990
端材	0	1,208	14	1,222
樹皮	0	1,248	0	1,248
竹粉	0	240	0	240
農業残渣	700	600	0	1,300
食品加工残渣	0	70	0	70
その他	0	4,000	0	0
合計	3,120	10,690	260	14,070

3.2 バイオコークス試作

図3に、各種原料から試作したバイオコークスの写真を示す。各原料は入手時の湿潤状態が異なっていたため、乾燥処理を施した後にバイオコークス化を試みた。その結果、いずれの原料においてもバイオコークス化が可能であることが確認され、原料の含水率及びバイオコークス化後の密度は表3に示すとおりであった。

バイオコークスは高密度化(上限1.4 g/cm³)により、石炭コークス(1.3~1.9 g/cm³)に匹敵する性能を発揮するとされている。一般にバイオコークスの形成

条件として、原料の初期含水率は一般的に約10重量%とされている¹⁾。本研究では、木粉の含水率を加水により調整し、バイオコークス化を行った。その結果、含水率13.17%において密度1.39 g/cm³を得られ、図2に示す試作装置でも高密度化が可能であることが確認できた(図4)。

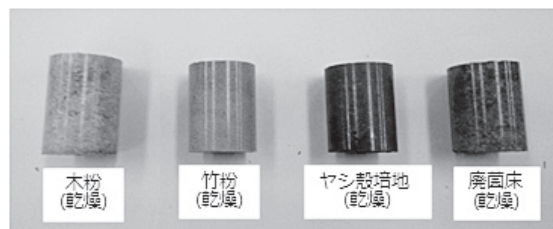


図3 原料別試作バイオコークス

表3 原料の含水率とバイオコークス化後の密度

原料	含水率(%)	密度(g/cm ³)
木粉(乾燥)	1.43	1.03
木粉(水分調整)	13.17	1.39
竹粉(乾燥)	1.73	1.15
ヤシ殻培地(乾燥)	2.00	1.14
廃菌床(乾燥)	1.03	1.16

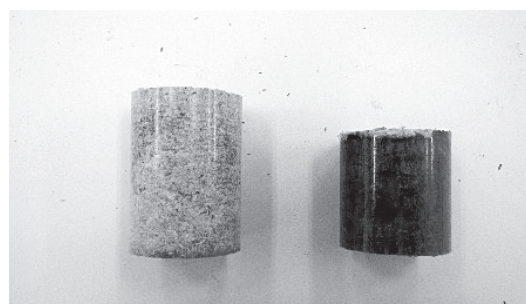


図4 木粉原料の含水率の差による圧密差
(含水率 左:1.43%、右:13.17%)

3 まとめ

本県が有する豊富なバイオマス資源を活用したバイオコークスの製造可能性を検討するため、バイオマス資源の調査及びこれらを原料としたバイオコークスの試作を実施した。県内で排出されるバイオマス原料のうち、大部分は木粉であり、その多くは県西部で発生していた。また、他のバイオマス原料を含めた総排出量では、県中部が最も多いことが明らかとなった。

入手した各種バイオマス原料を用いてバイオコークスの試作を行った結果、バイオコークス化が可能であることを確認した。また、原料の初期含水率を約10

重量%に調整することで、高密度の圧縮形成が可能となることも確認できた。

参考文献

- 1) 井田民男：バイオコークス-再生可能エネルギー社会の礎となる新しい個体バイオエネルギー，コロナ社，2022

ニトリルゴム手袋の希酸及び希アルカリ水溶液に対する耐透過性評価

隅田 隆

Evaluation of Permeability Resistance of Nitrile Rubber Gloves to Dilute Acid and Alkali Solution

Takashi SUMIDA

透過性試験の情報が無い市販のニトリルゴム手袋について、希酸、希アルカリ水溶液の耐透過性評価を実施した。その結果、2M 硝酸、2M 塩酸、5%水酸化ナトリウム溶液において標準透過速度 $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ での標準破過時間が480分を超え、クラス6の分類となった。ニトリルゴム手袋に対し硝酸、塩化水素の使用は不適合であるが、希釈した硝酸、塩酸では適合可能となることが示唆された。

1 はじめに

厚生労働省の省令改正に伴い、2024年4月より皮膚等障害化学物質等（以下化学物質と言う）の製造・取扱い時における保護具の使用が義務化された。化学物質には、皮膚刺激性有害物質と皮膚吸収性有害物質が存在し、前者は皮膚または眼に障害を与えるおそれがあることが明らかな物質で、後者は皮膚から吸収、もしくは皮膚に浸入して、健康障害のおそれがあることが明らかな物質と定義している¹⁾。

高知県工業技術センターではこうした省令改正を受け、化学物質と直接接触することがないように性能を有する保護具の導入を進めている。特に保護手袋では、JIS T8116²⁾、ASTM F739³⁾、EN ISO374⁴⁾に適合しているものを参考に選定している。これらの規格では、化学物質が標準透過速度 ($0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$) で手袋を透過するまでの時間（破過時間）を測定し、その破過時間に応じて1～6の耐透過性クラスに分類している²⁾。この分類によるとクラス1では破過時間が10分～30分間で化学物質の透過が始まり、クラス6では480分を超えてから初めて透過が起こる。

保護手袋の化学物質に関する情報は、多くのメーカーで公開しており、耐透過性データを確認することができる。しかし、化学物質の濃度の違いによる耐透過性データは少ないのが現状である。このような場合、自ら簡易的測定方法を実施し^{5)~7)}、手袋の化学物質に対する適否を判断することが求められている。

そこで本稿では、製造元から化学物質の濃度別耐透過性データが提供されていないものの、安価で装着時の使用感が良い使い捨てニトリルゴム手袋について、日常的に使用する希硝酸、希塩酸、水酸化ナトリウム水溶液に対する耐透過性評価を行ったので

報告する。

2 実験方法

2.1 実験材料、測定装置及び試薬

評価対象の手袋は、Aメーカーの使い捨て薄手ニトリルゴム（厚さ0.1mm）を用いた。

測定には、pHメーター（TOA DKK社製 HM-42X）を用いた。また、使用した試薬は、硝酸（富士フィルム和光純薬(株)社製、有害金属測定用）、塩酸（同）、水酸化ナトリウム（ナカライテスク(株)社製、特級）で、これらを希釈・溶解して試験に用いた。

2.2 透過性試験

作製した測定用治具を図1に示す。測定治具は左右同形の二体構造（A槽、B槽）で、両者の間にシリコンシート、約7cm角に裁断した試料手袋、シリコンシートの順番で重ね、ボルトナットで締め付けて液密をとる構造とした。A槽、B槽の容積はそれぞれ約 300cm^3 で、その接する部分は直径5cmの円形で試料手袋の被膜が隔壁となる。

A槽には酸溶液またはアルカリ溶液を充填し、B槽には精製水を充填した。このB槽のpHを定期的に測定し、A槽の溶液がB槽に透過する破過時間を求めた。これらの試験結果の評価は、JIS T8116²⁾とJIS T8030⁸⁾に準拠した。

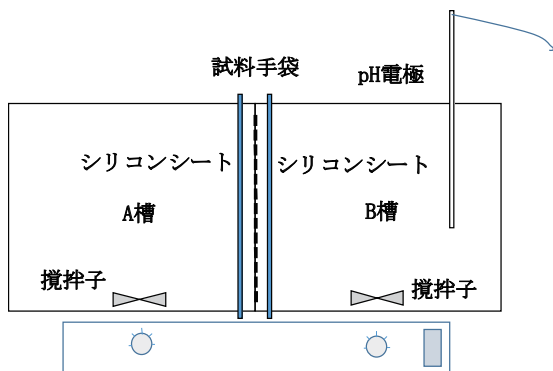


図1 透過性試験用治具

3 結果と考察

3.1 透過性試験結果

試験には、2M 硝酸、2M 塩酸、5%水酸化ナトリウム溶液を調製し試験に用いた。これらは、試料の分解、器具の洗浄、測定用の酸濃度等、筆者らが日常使用している酸及びアルカリの濃度である。

透過性試験により得られた結果から、接触時間 (min) に対する透過速度 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$) を図2に示す。ここで、pH 値は近似的に水素イオン濃度の逆数の常用対数で表され、また、今回用いた酸やアルカリは強酸・強塩基であるため、電離度を1と仮定し各濃度を求めることができる⁹⁾。

図2より、2M 硝酸、5%水酸化ナトリウム溶液の破過点検出時間は、それぞれ600分超、1100分超、2M 塩酸では1100分を超えても破過は確認できなかった。そこで塩酸に関しては、5Mの塩酸を調製し再度透過性試験を行ったが、破過は起こらなかった。

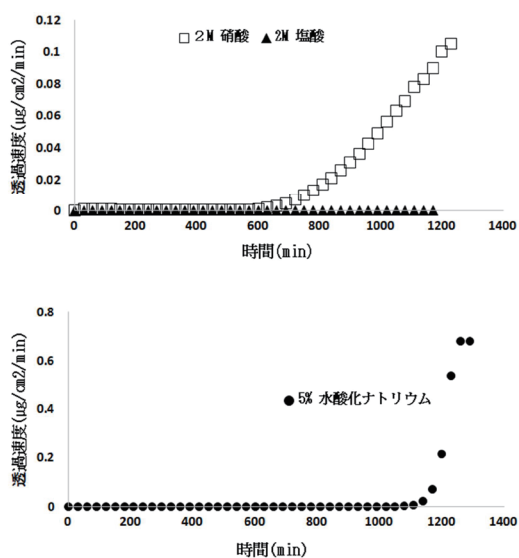


図2 接触時間に対する透過速度

上段：2M 硝酸と2M 塩酸、下段：5%水酸化ナトリウム溶液

以上より、標準破過速度 $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ における標準破過時間は、2M 硝酸と5%水酸化ナトリウムで共に1170分となった。なお、破過時間は、JIS T8030⁷⁾に基づきデータの補間を認めていないため、直前の実測値の時間を破過時間とした。また、2M 塩酸では破過時間が確認されなかった。これらの結果より、JIS T8116²⁾による耐透過性の分類では、2M 硝酸、2M 塩酸、5%水酸化ナトリウム溶液すべてにおいて、標準破過時間は480分超の耐透過性クラス6に該当することが確認され、使用可能な材質であると判断した。

3.2 強酸での耐透過性

皮膚障害等防止用具保護具の選定マニュアル¹⁰⁾には、化学物質に対するニトリルゴムの適合性が記載されている。これによると、硝酸は平均標準破過時間が10分以下で不適合となっている。一方、今回の試験結果では、2M 硝酸は、標準破過時間が480分を超過するクラス6であった。この違いは酸の濃度によるものと考えられるため、13.5Mの濃硝酸を用いて透過性試験を実施した。その結果、10分程度で破過が確認されたため、使用には適さないことが明らかとなった。このことより、硝酸の場合、濃硝酸が不適合であっても希釈することにより適合可能となることが示唆された。

同マニュアルでは、塩化水素に対してもニトリルゴムが不適合とあるが、塩化水素の水溶液である2Mと5M塩酸では破過が認められなかった。そこで、塩化水素の発煙性のある12Mの濃塩酸を用いた透過性試験を実施したが、3時間を超えても破過しなかった。気体状態の塩化水素は透過性が高いが、硝酸同様希釈することにより塩化水素の発生が抑えられ耐透過性が高くなっているものと考えられた。

3.3 手袋の浸透、劣化について

これまで透過について報告してきたが、JIS T8116²⁾では浸透、劣化について以下のとおり定義されており、これらの性能を満足する手袋を使用する必要がある。

浸透：手袋の開閉部、縫合部、多孔質材料及びその他の不完全な部分などを通過する。

劣化：化学物質との接触によって、手袋材質の物理的特性が悪化する。

浸透については、化学物質の濃度に関係なく、手袋の使用前に目視や息を吹きかけて膨らませるなど

してのピンホールの有無確認を行う。劣化については、本試験の実施後、手袋の試験片が黄変したのも見受けられた。また、前述の水酸化ナトリウム透過性試験では、破過後の透過量が急激に増加していることから、手袋の素材が溶け出したことが想定されるため、使用中に何らかの異常があればすぐに使用を中止したり、繰返しの使用は控えるなど注意することが重要と考えられる。

4 まとめ

使い捨てニトリルゴム手袋の2M硝酸、2M塩酸及び5%水酸化ナトリウム溶液における透過性試験を行い、全ての溶液において標準透過速度 (0.1 μ g/cm²/min) での標準破過時間が480分超で、JIS規格等でのクラス6の評価となった。

濃硝酸では、標準破過時間が10分以下でニトリルゴム手袋の使用が不適合であるが、希釈することで、手袋の使用が可能となることが示唆された。また、塩化水素では、ニトリルゴム手袋の使用が不適合であるが、塩酸に関して使用可能の結果となった。

以上のことから、ニトリル手袋は使用する酸濃度により JIS 規格等におけるクラス6相当の耐透過性

を有し、使用時には、目視、息を吹き込むことで手袋を膨らましピンホール等がないか確認、繰返しの使用を控える等注意が必要である。

参考文献

- 1) 厚生労働省：皮膚等障害化学物質に係る省令改正内容等について (2023)
- 2) 日本産業規格：JIS T8116 (2005)
- 3) ASTM INTERNATIONAL：ASTM F739 (2020)
- 4) EUROPEAN NORM：EN ISO0374 (2016)
- 5) 田中 茂：ぶんせき、10(2022) 389-390
- 6) 岩澤聡子：労災疾病臨床研究事業費補助金令和元年度～2年度総括・分担研究報告書 実際の使用条件化における化学防護手袋の透過性の調査(190601-01) (2021)
- 7) 福岡荘尚：安全工学 Vol. 63, No3 (2024)
- 8) 日本産業規格：JIS T8030 (2015)
- 9) Allen J. Bard (著)，松田好晴・小倉興太 (共訳)：化学同人、溶液内イオン平衡，(1983) 27-32
- 10) 厚生労働省：皮膚障害等防止用保護具の選定マニュアル第1版、参考資料2(2024 2月)

「環境技術開発支援事業」実施報告

瀧石 朋大

The report on “the project supporting the development of environmental technologies”

Tomohiro TAKIISHI

グリーン化関連産業の支援に繋げるために実施した内容を紹介する。ウッドプラスチック複合材料（WPC）は、木材などのバイオマス素材とプラスチックを混合した材料で、30年以上産業利用されており、2050年のカーボンニュートラル達成を背景に、石油由来製品削減のため企業の開発意欲が高まっている。関連特許では、ポリプロピレンのβ晶や流動性制御に関する出願が続き、物性改良への関心が高い。特にセルロース含有量が高い系では相溶化剤の添加効果が注目されるが、飽和点や適切な添加量の検討は不十分である。そこで、WPCの物性改善に用いる相溶化剤の最適化を目的に、示差走査熱量測定（DSC）で各種相溶化剤の効果を比較評価した。

1 はじめに

本県では令和6年度より第Ⅱ期脱炭素社会推進アクションプランを策定し、県内の産業のグリーン化推進に努めている。工業技術センターにおいては、令和2年度に開始した「プラスチック代替素材利用促進分科会」の活動をきっかけに、県内の工業分野における環境対応の支援を継続的に行ってきた。

令和6年度には「環境技術開発支援事業」の一環として、県内企業のグリーン化推進¹⁾を目的にカーボンニュートラルセミナーを開催した。また、バイオマス素材の産業利用促進に向けて、ウッドプラスチック（WPC）の評価手法の開発にも取り組んでいる。本稿では、WPCの評価手法について紹介する。

2 WPCの産業利用研究

2.1 研究概要

ウッドプラスチック（WPC）とは、プラスチックに木材などのバイオマス素材を混ぜた複合材料のことであり、既に30年以上にわたり産業利用されている。材料としての特性に加わえ、2050年カーボンニュートラル達成に向けた石油由来製品使用量削減の社会的ニーズを背景に、近年においても企業の開発ニーズが高まっている。

出願されている関連特許の動向を分析すると、近年においても、ポリプロピレン（PP）のβ晶に着目した特許や流動性制御に関する特許がWPCの物性改良を目的として出願されており、WPC関連技術の企業ニーズが依然として高いことが示唆される。

WPCに関する研究において、性能改善のための添加剤として一般的に使用される相溶化剤は、特にセルロースナノファイバー製品に関する研究で詳細に

検討されている。高分子系相溶化剤の場合、絡み合い効果が有効であることが示されており、これを含めたさまざまな要因が物性に与える影響について明らかにされている。

しかし、μmサイズのセルロースの含有量が50%を超えるような系においては、相溶化剤の添加によって種々の物性への影響を評価した報告は多いものの、物性改善における飽和点や相溶化剤の適切な種類及び添加量については、まだ詳細な検討が必要である。

また、製品開発現場における「相溶化剤の添加タイミング」などの干渉要因が、最終製品のモルロジーや界面状態に及ぼす影響を評価することは、コスト低減圧力が高まる現場環境において設備の最適化に寄与すると考えられる。これは新規性の創造には直結しないものの、製品品質の管理・改良に有用である。以上の背景を踏まえ、本研究ではWPC関連の技術開発における課題の一つである、産業現場での物性改善に用いられる相溶化剤の最適化に焦点を当てて検討した。

本稿では、令和6年度に相溶化剤がバイオマス素材-プラスチック複合材料に対する相溶化剤の影響評価の一環として、示差走査熱量測定（DSC）を用いて各種相溶化剤の効果を比較検討した結果について報告する。

2.2 試験サンプルの原料

バイオマス素材には、Phonix社製の竹パルプを繊維・粉砕して得た粉末を105℃で1時間乾燥させた後に用いた。樹脂には日本ポリプロ（株）社製のノバテック BC3AD（ポリプロピレン）を使用した。相溶化

剤については詳細を省略するが、本稿では便宜的に3種類をA、B、Cと表記する。

その他の添加剤については、酸化防止剤のみを使用している。3. 3には記載していないが、全てのサンプルに対し、イルガノックス 1010(ペンタエリトリール テトラキス(3,5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシヒドロシナマート)及びイルガフォス 168(亜リン酸トリス(2,4-ジ-tert-ブチルフェニル))をサンプル100gあたりそれぞれ0.1gずつ添加している。

2. 3 試験サンプルの作製手法

表1に示す重量ベースの組成比に従い、原料を密閉容器に投入し、目視で均一になるまで容器を震とう攪拌した。

表1 サンプル中の原料の重量分率

サンプル名	重量分率(%)				
	PP	竹粉	相溶化剤		
			A	B	C
PPのみ	100	0	0	0	0
WPC①	45	55	0	0	0
WPC②	40	55	5	0	0
WPC③	40	55	0	5	0
WPC④	40	55	0	0	5

攪拌したサンプルは、その後、東洋精機製作所製多軸混練攪拌システム(二軸押出機2D25S)を用いて180℃、10rpmで2回溶融混練し、続いて、コールドペレタイザーによる処理を行い分析用ペレットを得た。

2. 4 試験手順

前項の手法で得たペレットから5mgの試料を採取し、示差走査熱量計((株)リガク社製、DSC8231)を用いて、100mL/minの窒素気流下で熱流測定を行った。測定条件は、以下の通りである。

1stRunとして、室温から20℃/minで200℃まで昇温し、熱履歴を消去した。その後、20℃/minで-20℃まで冷却し、この過程で熱流を測定した。-20℃で5分保持した後、2ndRunとして再度20℃/minで200℃まで昇温し、熱流を測定した。

3. 結果

1st Runの結果において、PP単独及び相溶化剤を添加しない場合、並びに相溶化剤Aを5%添加した場合は吸熱ピーク温度にほとんど変化が見られなかった。一方で、相溶化剤B及びCを用いた場合には吸熱ピークが低下した(図3)。

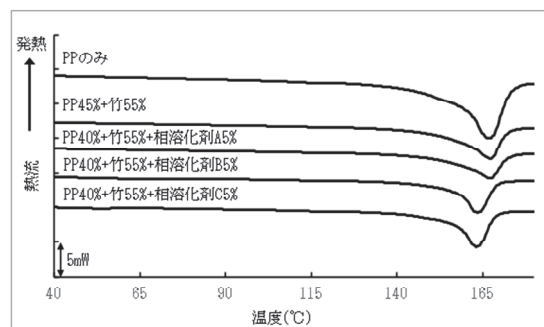


図3 1st Runのサーモグラム

このピーク温度はPPの融点に相当することから、相溶化剤B及びCを添加した場合、PPのラメラ厚みが薄くなっていることが示唆された。

2nd Runの測定結果から(図4)、竹粉を含むPPサンプルの発熱ピークはPP単独のものに比べ高温側にシフトし、相溶化剤Aを添加した場合も同様の傾向であった。一方で、相溶化剤B及びCを添加したサンプルでは、発熱ピークが低温側にシフトしていた。

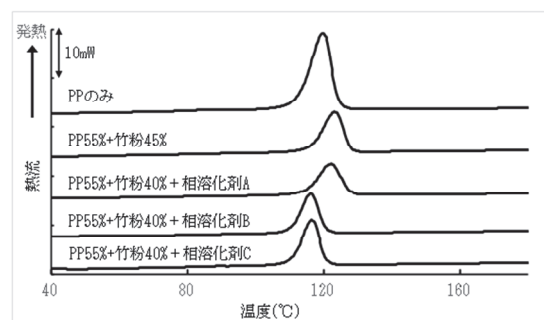


図4 2nd Runのサーモグラム

2nd Runの発熱ピークはPPの結晶化温度に対応しており、相溶化剤を添加しない場合及び相溶化剤Aを添加した場合に見られた高温シフトは、フィラーによる結晶の造核効果が一因と考えられる。一方で、相溶化剤B及びCにおける低温シフトの主となる要因は現時点で不明であり、種々の要因を詳細に検討する必要がある。

これらの差異が発生するメカニズム及び実用物性

との相関関係については、国立研究開発法人産業技術総合研究所セルロース材料グループの協力のもと、より詳細な研究を進めている。

4. 今後の展開

研究課題「環境技術開発支援事業」において、カーボンニュートラルセミナーを通じた脱炭素活動への意識醸成及び実施支援並びに、石油由来材料の使用量削減に繋がるバイオマス素材の産業利用に関する研究を行った。

本稿で紹介した取り組み以外にも、本事業では環境負荷低減に資する製品開発に際し、機器利用に加え、本課題における試作支援も行っている。本事業は令和7年度も継続して実施しており、試作の要望も受け付けているためご興味がある方はご相談いただきたい。

参考文献

1) 中小企業庁: 中小企業のカーボンニュートラル支援策

https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/SME/pamphlet/pamphlet2022fy01.pdf

Ⅱ 令和6年度高知県工業技術センター業務年報

1. 総説

1-1 沿革

昭和16年11月	高知県商工奨励館試験場から独立し、高知県工業試験場設立、化学、醸造、地下資源、機械の4部門設置
〃 18年3月	工芸部門が商工奨励館から移管
〃 19年1月	庶務部を設置
〃 19年8月	高知市棧橋通2-11-15に新設
〃 22年5月	高知県木工技術養成所を吸収し、木竹部を新設
〃 26年1月	金属機械部を設置
〃 36年4月	デザイン科を新設
〃 38年1月	増改築工事本館竣工
〃 38年4月	食品科を新設
〃 41年4月	技術相談室を設置
平成 2年3月	高知市布師田3992-3（現在地）へ新築移転
〃 〃 4月	高知県工業試験場を高知県工業技術センターに改称 同時に技術・公害相談室を企画情報室、化学科、窯業科を技術第1部、食品科を技術第2部、金属科、機械科を技術第3部、木材加工科、木材指導科、デザイン科を技術第4部に機構改革
〃 10年4月	高知県企業化支援センター設立
〃 11年4月	土佐山田分室設置。高知県産業構造改善支援センター設立
〃 13年4月	企画情報室を企画室に、技術第1部から技術第4部を資源環境部、食品加工部、生産情報部、材料技術部、に機構改革
〃 17年4月	企画室を研究企画部、食品加工部を食品開発部、生産情報部と材料技術部を生産技術部にそれぞれ再編して改称、土佐山田分室と高知県産業構造改善支援センターを森林技術センターに業務移管
〃 19年4月	研究企画部、食品開発部、生産技術部、資源環境部をそれぞれ課に改称
〃 23年3月	食品加工研究棟を新設
〃 30年4月	計量検定所を計量検定室として統合

1-2 規模 (令和7年3月31日現在)

(1) 庁舎

- ①位 置 高知市布師田 3992-3 (〒781-5101)
 ②敷地面積 13,757.76 m²
 ③建物面積 9,315.89 m²

名 称	構 造	面 積
本館棟	鉄筋コンクリート5階	3,833.15 m ²
技術研修棟	鉄筋コンクリート2階	777.19 m ²
機械等木材工芸棟	鉄筋コンクリート2階	2,387.46 m ²
機械金属実験棟	鉄骨ALC折板葺	299.39 m ²
木材加工実験棟	鉄骨ALC折板葺	377.47 m ²
食品加工研究棟	鉄骨平屋	195.75 m ²
渡り廊下	鉄筋コンクリート平屋	28.80 m ²
車庫棟	鉄骨ALC折板葺	107.21 m ²
産業廃棄物置場	鉄骨スレート平屋	6.00 m ²
危険物倉庫	鉄筋コンクリート平屋	10.00 m ²
物置場	鉄骨折板葺	43.20 m ²
特殊ガス、LPG棟	鉄筋コンクリート平屋	31.50 m ²
計量検定所	鉄筋コンクリート2階	462.77 m ²
技術交流実験棟	鉄筋コンクリート2階	756.00 m ²

(2) 本館内関係機関利用状況

階	室 別	面 積
4 階	(一社)高知県発明協会	211.30 m ²
4 階	(一社)高知県工業会	37.19 m ²

1-3 組織と分掌 (令和7年3月31日現在)

総務課 (3名内兼1名) 管理、運営全般に関すること

研究企画課 (4名) 試験研究、技術者養成、産学官連携、企画調整、成果普及、技術移転、企業化支援研究室等に関すること

食品開発課 (8名) 食品素材、農水産加工品、醸造食品、バイオテクノロジー技術、食品加工システム等に関すること

生産技術課 (8名) 電気・電子、メカトロ技術、情報技術、機械加工、金属材料、鋳造、表面改質等に関すること

資源環境課 (8名) 化学工業技術、セラミックス、窯業、土石、環境技術、塗装技術、木材加工、プラスチック等に関すること

計量検定室 (5名内兼1名) 計量法に定められた各種業務等に関すること

1-4 職員名簿

(令和7年3月31日現在)

課名	職名	氏名	備考
	所長	刈谷 学	R6.4.1～
	次長(総括)	清川 真史	R6.4.1～
	副参事	山本 浩	海洋深層水研究所所長
	次長	石原 浩二	
	次長	谷脇 敦	R6.4.1～
	技術次長	島本 悟	
	技術次長(連携担当)	山下 実	R6.4.1～
	専門企画員(研究企画担当)	川北 浩久	R6.4.1～
総務課	課長	石原 浩二	兼務
	チーフ	小森 節	R6.4.1～
	主任	横飛 里美	
研究企画課	課長	加藤 麗奈	R6.4.1～
	チーフ	保科 公彦	
	主任研究員	岡崎 由佳	R6.4.1～
	主任研究員	楠本 真央	
食品開発課	課長	森山 洋憲	
	チーフ(食品加工担当)	近森 麻矢	
	チーフ(食材応用担当)	岡本 佳乃	R6.4.1～
	主任研究員	阿部 祐子	
	主任研究員	竹田 匠輝	
	主任研究員	下藤 悟	
	主任研究員	甫木 嘉朗	
生産技術課	課長	眞鍋 豊土	
	チーフ(機械加工担当)	土方啓志郎	
	チーフ(制御技術担当)	毛利 謙作	R6.4.1～
	主任研究員	村井 正徳	
	主任研究員	上田 竜平	
	研究員	島内 良章	
	研究員	中澤 亮太	
	専門員	今西 孝也	再任用
資源環境課	課長	鶴田 望	
	チーフ(環境技術担当)	竹内宏太郎	R6.4.1～
	チーフ(資源活用担当)	矢野 雄也	
	主任研究員	鈴木 大進	
	主任研究員	堀川 晃玄	
	主任研究員	竹吉 優樹	
	研究員	瀧石 朋大	R6.4.1～
計量検定室	専門員	隅田 隆	再任用
	室長	谷脇 敦	兼務
	チーフ	小松 立和	再任用
	主幹	山崎 靖夫	R6.4.1～
	主幹	久保 慶太	
	主査	中川 大輔	

1-5 決算状況

歳入(特定財源)

款	項	目	節	決算額
				令和6年度
8. 使用料及び手数料				円
	1. 使用料	5. 商工労働使用料	(2)工業技術センター使用料	31,052,477
				10,159,207
				10,159,207
				10,159,207
	2. 手数料	6. 商工労働手数料	(1)計量器検査等手数料	20,893,270
			(3)工業試験手数料	20,893,270
				6,537,410
				14,355,860
9. 国庫支出金				2,588,500
	2. 国庫補助金	5. 商工労働費補助金	(4)産業技術振興費補助金	2,588,500
				2,588,500
				2,588,500
14. 諸収入				22,832,429
	6. 受託事業収入	1. 受託事業収入	(5)産業技術振興受託事業収入	21,961,026
				21,961,026
				21,961,026
	7. 雑入	12. 商工労働部収入	(3)工業振興課収入	871,403
				871,403
				871,403
合 計				56,473,406

歳 出

款	項	目	節	決算額
				令和6年度
7. 商工労働費	1. 商工費	3. 工業振興費		円
				465,649,816
			(2)給料	316,622,602
			(3)職員手当等	176,879,042
			(4)共済費	85,908,361
				53,835,199
		4. 産業技術振興費		149,027,214
			(1)報酬	11,689,224
			(3)職員手当等	4,113,548
			(4)共済費	2,421,495
			(7)報償費	2,866,775
			(8)旅費	6,311,820
			(10)需用費	62,868,573
			(11)役務費	1,411,329
			(12)委託料	23,175,647
			(13)使用料及び賃借料	1,137,113
			(14)工事請負費	0
			(17)備品購入費	31,804,410
			(18)負担金補助及び交付金	1,179,280
			(22)償還利子及び割引料	0
			(26)公課費	48,000
12. 土木費				26,209,000
	6. 建築費			26,209,000
		3. 建築費		26,209,000
			(10)需用費	3,520,000
			(12)委託料	528,000
			(14)工事請負費	22,161,000
歳 出 合 計				491,858,816

2. 業務・事業の状況

2-1 研究開発及び技術支援

○食品分野研究事業

- (1) フードテックによる有用バイオマスの研究開発
- (2) 効率的な地域食材加工品開発スキームの構築
- (3) 生鮮冷凍品の高品質解凍技術の開発
- (4) デジタル実装によるフードロス削減と生産性向上
- (5) (新)県産食材を用いたアップサイクル食品の開発
- (6) (新)ユズ果汁の品質管理基準の最適化支援
- (7) (新)輸出拡大を目的とした土佐酒テロワールの深化と展開

○ものづくり分野研究事業

- (1) AI画像認識技術を運用した製品開発
- (2) デジタル化による試作開発プロセスの効率化研究
- (3) カーボンニュートラルのための触媒開発
- (4) バイオコークスの利活用に関する調査研究
- (5) (新)溝加工溶着爪の開発
- (6) (新)CAEによる代掻き爪周りの流れ解析
- (7) (新)未利用バイオマス資源の有効活用のための低コスト・高効率マイクロ波炭化技術の開発
- (8) (新)モルホロジー制御によるプラスチック成型物の物性制御に関する研究
- (9) アクションプラン支援

○公設試連携研究事業

- (1) プラスチックとバイオマス材料を用いた複合材料の成形加工技術の開発
- (2) 県産植物バイオマス資源由来の機能性製品の開発

○新技術普及事業

- (1) 品質と信頼性向上のためのノイズ試験と対策技術支援
- (2) (新)環境技術開発支援事業
- (3) (新)スマートものづくり導入支援事業

2-2 企業化支援の推進

県内業界の技術開発支援や企業化を推進するため、国を始めとする様々な方面の提案公募型事業に企業や大学とともに積極的な挑戦を行い、技術開発に関する外部ファンドの獲得に努めた。

企業からの依頼分析、設備使用、技術相談など、日常的な技術サービスに迅速に対応するとともに、遠方からの問い合わせに対応するため、電子メールによる技術相談の活用を推進した。

また、主要な既設設備・機器を企業技術者に広く開放して利用拡大を図るため、設備利用についての広報に努めるとともに、関連企業の品質管理、商取引上の証明、新製品開発のための分析試験を迅速に行いながら、企業の競争力向上を図った。

2-3 産学官の連携

高知県産業振興計画で推進する産学官連携事業における本県の取り組むべき研究テーマや共同研究推進の手法などについて検討し、県内大学からの受託研究や県内大学及び企業、さらには、産業技術総合研究所との共同研究を行い高付加価値な製品・技術の開発支援を行った。

また、各省庁や県内外の団体等との連携を深めるため、情報交換を積極的に行うとともに、企業等との連携コーディネーター役として、四国地域イノベーション創出協議会への参画を始めとする各種の支援活動を行った。

2-4 技術人材養成及び職員の資質向上

スマートものづくり導入支援事業として、県内製造業の AI・ロボット・IoT 等のデジタル技術を活用したスマートものづくりの導入と実践できる人材の育成を支援する『スマートものづくり研究会』を立ち上げ、生産プロセスにおける労働供給量の増加や労働生産性の向上を促した。

また、食品加工分野及び機械金属分野の企業技術者を対象に製造技術や品質管理を研修・指導するため、外部のアドバイザーや職員が講師となって、研修・指導を行い、産業の担い手となる製造技術者の養成を図った。

さらに、外部から登用した食品加工特別技術支援員が、職員とともに企業等の技術レベルに応じた技術相談、巡回指導、商品開発の支援を行った。

土佐 FBC 人材創出事業等の人材育成事業を積極的に推進するとともに、研修生受け入れ事業などにより、企業技術者の育成を図り、県内企業の研究開発力向上に努めた。

職員の資質向上のため、産総研での研修や支援事業を積極的に利用し、研究者としてのスキル習得に努めた。

2-5 技術サービス

企業からの依頼分析、設備使用、技術相談など、日常的な技術サービスに迅速に対応するとともに、企業の生産現場等へ出向いて AI・ロボット・IoT 等のデジタル技術を活用したスマートものづくりの導入に関する技術指導など、幅広い分野に対する技術関連サービスを適時行った。

2-6 情報の収集、提供及び技術成果の普及

新鮮な情報をタイムリーに発信するため、当センターホームページを逐次更新し、国の支援施策や様々な講演会等の情報など企業にとって有益な情報を発信した。

また、研究や支援活動によって得られた成果は、研究開発・企業支援成果報告会やホームページ等を通じて普及を図った。

研究報告、研究開発&企業支援成果報告書等を発行するとともに、センターの活動内容をホームページに「センターだより」として掲載し積極的な広報活動を行い、センターの活動内容を広く知っていただくように努めた。

2-7 計量検定室

1 目的

計量法に基づき、計量関係事業の登録・届出の事務や各種特定計量器の検定・検査業務等を行うことにより、適正な計量の実施を確保する。

2 業務の概要

(1) 計量関係事業の届出・登録及び指定に関する業務

計量関係の事業を行おうとするときは、事業の種別に応じて、経済産業大臣や都道府県知事への届出又は登録が義務づけられており、届出等に関する事務を行うとともに、関係事業者への指導を行った。

計量関係事業者の状況

指定製造 事業者数	届出製造 事業者数	届出修理 事業者数	販売事業者 数	特定計量証 明事業者数	計量証明 事業者数	適正計量管 理事業所数
1	9	19	173	1	14	337

(2) 特定計量器の検定及び装置検査業務

取引や証明に使用される特定計量器は、指定検定機関が実施する検定等に合格することが義務づけられており、その特定計量器に応じた検定を行った。また、特定計量器によっては検定等の有効期限が定められており、有効期限を更新するための検定や装置検査を行った。

【特定計量器】

計量器のうち取引や証明、又は一般消費者の生活の用に使用される計量器のうち、法令に基づいてその構造や器差に係る基準を定める必要があるとされたもの（タクシメーター、質量計（非自動はかり、分銅等）、体積計（水道・ガス・燃料油メーター等）、流速計、電力量計、照度計、騒音計、濃度計など18種）

検定等実施状況

タクシメーター	燃料油メーター	質量計
1,138	449	12

(3) 基準器の検査業務

検定検査機関が検定や検査に使用する際の基準となる基準器（分銅など）は、有効期限が定められており、有効期限を更新するための基準器検査を行った。

検査実施状況

液体メーター用 基準タンク	タクシメーター 装置検定用基準器	基準分銅	実用基準分銅
3	1	421	31

(4) 計量証明事業に使用する計量器の検査業務

計量証明（第三者からの依頼に基づいて、貨物の質量や物質の濃度などの測定結果を証明するもの）に使用する特定計量器は、2年ごとの検査が義務づけられており、対象となる計量器検査を行った。

検査実施状況

質量計	濃度計	騒音計	振動レベル計
7	9	2	0

(5) 特定計量器（質量計）の定期検査業務

取引や証明に使用される質量計は、2年ごとの検査が義務づけられており、県下全市町村（高知市を除く）を東西に2

分し、隔年ごとに東と西のブロックそれぞれを巡回して質量計の検査を行った。

検査実施状況

検査戸数	検査器物数
992	3,043

(6) 計量に関する立入検査業務

適正な計量の実施を確保するため、計量関係事業者の業務遂行状況や使用している特定計量器の管理状況などについて、関係事業所に立ち入り検査を行った。

立入検査実施状況（商品目量関係）

商品目量関係		燃料油メーター	指定製造事業者
検査店舗数	検査商品数	事業所数	事業所数
21	1046	16	21

(7) 適正計量の普及啓発業務

適正な計量が秩序ある経済活動を維持し、安心して生活できる社会を支えていることを広く県民に理解してもらうため、消費者や計量関係団体、市町村の協力を得て、啓発ポスターの掲示や計量に関する図画・ポスターの募集、表彰などの計量記念事業（計量記念日：11月1日、計量強調月間：11月）を行った。

図画応募総数
43

以上、所長以下6課室40名の体制で、商工労働部以外にも、産業振興推進部等の県庁各部や県内自治体、(一社)高知県工業会、(公財)高知県産業振興センター等の関係団体、大学等及び関係業界と連携を図りながら、県内産業界の技術支援機関として各々の業務を実施した。

3. 誌上・学会等発表

3-1 研究成果報告会

発表題目、発表者	開催日	参加者数
研究開発&企業支援成果報告会 ○食品開発課 地域酒造と共に歩む：技術支援の現在地 主任研究員 甫木嘉朗 使ってみよう！工業技術センター ～地域食材を生かした加工品づくり～ チーフ 近森麻矢 技術相談からできた！商品化事例の紹介 主任研究員 竹田匠輝 ○生産技術課 DXへの地道な一歩をはじめませんか？ ～IT・IoTの現場実装の取組～ 研究員 島内良章 小型コンピュータでのAI機能の実装 研究員 中澤亮太 実験と解析を組み合わせた3段ロール構成の 熱カレンダー装置の状態推定 主任研究員 村井正徳 ○資源環境課 発光細胞を用いた機能性評価技術とその活用事例 主任研究員 鈴木大進 市販品の組み合わせで作る！自作測定装置の紹介 ～光散乱、引張試験機、電動XYステージの例～ 主任研究員 堀川晃玄 新規導入装置 トリプル四重極ICP質量分析計のご紹介 チーフ 矢野雄也	R6. 10. 16	70

3-2 論文発表

テーマ・著者	掲載誌
Peroxisome Proliferator - Activated Receptor - Gamma Activation by an Active Compound in <i>Lythrum anceps</i> (Koehne) MakinoRyo Miyata Masanobu Suzuki Yuka Okazaki Daigo Abe Yoshihiro Nakajima	Journal of Cellular Biochemistry, Accepted: 7 February 2025

3-3 学会発表（ポスター発表含む）

発表題目	学会名	発表日	場所
（食品開発課） 上槽酒の品質指標の予測にもろみ発酵工程のデータ量が及ぼす 影響 下藤悟、甫木嘉朗、土居睦卓、森山洋憲、明神真、山脇朋泰	日本食品科学工学 会第71回大会	R6. 8. 31	名城大学

発 表 題 目	学 会 名	発 表 日	場 所
赤シソ及びその加工品中のアントシアニン色素の LC-MS による解析 森山洋憲、下藤悟	日本食品科学工学会第71回大会	R6. 8. 31	名城大学
清酒の官能評価結果の予測で誤差が大きい資料の特徴の考察 下藤悟、甫木嘉朗、土居睦卓、加藤麗奈、森山洋憲	日本調理科学会 2023年度大会	R6. 9. 6	鎌倉女子大学
海洋深層水を用いたスサビノリ培養条件の最適化に関する研究 秋田もなみ、堀田敏弘、伊吹哲、山本浩、阿部祐子、竹田匠輝	第28回 海洋深層水利用学会全国大会	R6. 10. 17	室戸市保健福祉センターやすらぎ
海洋深層水で養殖するサツキマスの高付加価値化の試み10 堀田敏弘、秋田もなみ、伊吹哲、山本浩、阿部祐子、竹田匠輝、岡本佳乃、河野敏夫	第28回 海洋深層水利用学会全国大会	R6. 10. 17	室戸市保健福祉センターやすらぎ
(資源環境課) ポリプロピレン/セルロースナノファイバー複合材料の屋外暴露試験および評価 熊本県産技セ○永岡 昭二、堀川 真希・高知県工技セ鶴田 望・福岡県工技セ 蓮尾 東海、田中 大策・徳島県工技セ 鎌倉 駿、正木 孝二・大分県産科技セ 谷口 秀樹・宮崎県工技セ 那須成裕・愛媛県産技研 井門 良介、安達 春樹・鹿児島県工技セ 東 みなみ・産総研 長谷 朝博、大石 晃広	第73回高分子学会年次大会	R6. 6. 7	仙台国際センター
全国公設試によるポリプロピレン/セルロースナノファイバー複合材料の屋外暴露試験および評価 熊本県産技セ○永岡 昭二、堀川 真希・高知県工技セ鶴田 望・福岡県工技セ 蓮尾 東海、田中 大策・徳島県工技セ 鎌倉 駿、正木 孝二・大分県産科技セ 谷口 秀樹・宮崎県工技セ 那須成裕・愛媛県産技研 井門 良介、安達 春樹・鹿児島県工技セ 東 みなみ・産総研 長谷 朝博、大石 晃広	セルロース学会第31回年次大会	R6. 7. 12	くまもと森都心プラザ
Crystallization behavior in side sealing process for plastic bag production Kogen Horikawa, Yoshihiro Hamazaki, Asae Ito, Koh-hei Nitata and Yusuke Hiejima	IDMPC2024	R6. 9. 18	置賜文化ホール(米沢市)
高知県産植物の機能性製品の開発 鈴木 大進、岡崎 由佳、渡邊 浩幸、田中 守	第10回 四国オープンイノベーションワークショップ	R6. 11. 18	サンポートホール高松

発 表 題 目	学 会 名	発 表 日	場 所
全国公設試によるポリプロピレン/セルロースナノファイバー複合材料の屋外暴露による耐候性調査 (熊本県産技セ) ○(正)永岡昭二・(協)堀川真希、(高知県工技セ) (協)鶴田望、(福岡県工技セ) (正)田中大策、(徳島県工技セ) 鎌倉駿・正木孝二、(大分県産科技セ)(協)谷口秀樹、(宮崎県工技セ) 那須成裕、(愛媛県産技研) 井門良介・安達春樹、(鹿児島県工技セ) (協)東みなみ、(産総研) (協)長谷朝博・(協)大石晃広	プラスチック成形加工学会第32回 秋期学会	R6. 11. 27	沖縄コンベンションセンター
ハマアザミ(<i>Cirsium maritimum</i> Makino)のPPAR γ 及びNrf2 活性に関する研究 鈴木 大進、岡崎 由佳、宮田 椋、中島 芳浩	日本農芸化学会 2025 年度大会	R7. 3. 8	札幌コンベンションセンター

4. 技術サービス

4-1 依頼試験、機器使用

担当課	依頼試験		機器使用	
	受付件数	項目数	受付件数	項目数
総務課	—	—	22	22
食品開発課	90	775	176	715
生産技術課	64	417	270	1012
資源環境課	259	2,565	515	1,447
合計	413	3757	983	3196

4-2 審査員派遣

審査会等名称	派遣日	主催	派遣者	会場
(所長・技術次長)				
高知県ものづくり省力化設備投資支援事業費補助金審査会	R6. 6. 7	高知県産業振興センター	島本 悟	高知県ちばさんセンター
令和6年度第1回防災製品認定審査会	R6. 7. 31	高知県防災製品関連産業交流会事務局	刈谷 学	高知会館
生産性向上計画認定審査会	R6. 9. 5 R6. 10. 4 R7. 1. 16	高知県商工労働部工業振興課	島本 悟	書面審査
令和6年度第2回防災製品認定審査会	R6. 10. 30	高知県防災製品関連産業交流会事務局	刈谷 学	高知県立県民文化ホール
令和6年度第39回高知県地場産業大賞審査委員会	R6. 11. 28	高知県産業振興センター	刈谷 学	高知ちばさんセンター
中小企業等外国出願支援企業選考審査委員会	R6. 11. 13	高知県発明協会	刈谷 学	書面審査
高知県リサイクル製品等認定審査会	R7. 1. 16	高知県林業振興・環境部環境対策課	山下 実	保健衛生総合庁舎
高知県新商品の生産等による新事業分野開拓者認定審査会	R7. 2. 14	高知県商工労働部工業振興課	島本 悟	高知会館
高知県下水汚泥有効利用検討委員会	R7. 2. 14	高知県土木部公園下水道課	刈谷 学	高須浄化センター
(食品開発課)				
高知県食品加工高度化支援事業費補助金	R6. 5. 29 R6. 6. 4	高知県産業振興推進部地産地消・外商課	森山洋憲	ちより街テラス
水産加工食品製造業技能実習評価試験	R6. 6. 5 R6. 6. 6 R6. 8. 8 R6. 9. 20 R7. 2. 4 R7. 2. 5	全国水産加工業協同組合連合会	阿部祐子	ソーレ ソーレ ソーレ ソーレ かるぼーと かるぼーと

審査会等名称	派遣日	主催	派遣者	会場
高知県食品加工施設等整備促進事業費補助金	R6. 7. 11	高知県産業振興推進部 地産地消・外商課	森山洋憲	ちより街テラス
令和6年度県内酒造場庫内品質管理調査会	R6. 7. 23 7. 24 7. 25	安芸税務署 須崎税務署 高知税務署	甫木嘉朗 土居睦卓	安芸税務署 須崎税務署 高知税務署
事業戦略策定支援会議	R6. 9. 17 R7. 2. 3	高知県産業振興推進部 地産地消・外商課	森山洋憲	ちより街テラス
令和6年四国清酒鑑評会における品質評価会	R6. 9. 20	高松国税局	土居睦卓	高松国税局
令和6事務年度全国市販酒類調査における品質評価会	R7. 1. 28	高松国税局	甫木嘉朗	高松国税局
令和6年吟醸酒研究会における品質評価会	R7. 3. 13	高松国税局	土居睦卓	高松国税局
令和6酒造年度県新酒鑑評会	R7. 3. 19	高知県酒造組合	甫木嘉朗 土居睦卓	高知県酒造組合
(生産技術課) 高知県溶接技術コンクール 総合審査会	R6. 7. 3	高知県 高知県溶接協会 高知県工業会	土方啓志郎	工業技術センター
令和6年度南国市技能功労者表彰審査会	R6. 10. 8	南国市	眞鍋豊士	南国市役所

4-3 技能検定（高知県職業能力開発協会主催）

検定名称	派遣日	派遣者	会場
機械加工（普通旋盤）随時2級	R6. 4. 24	上田竜平	(有)繁春鉄工所
金属プレス加工（金属プレス作業）随時2級	R6. 6. 12	村井正徳	(株)ササオカ
プラスチック成形（射出成形作業）基礎級	R6. 6. 26	村井正徳	YAMAKIN(株)
機械検査3級	R6. 7. 13	島本 悟 島内良章	地域職業訓練センター
機械加工（マシニングセンタ）1級	R6. 7. 20	島本 悟 上田竜平	地域職業訓練センター
機械加工（数値制御フライス盤作業）1級	R6. 7. 20	村井正徳	(株)葉山ヒューテック
電子機器組立て（電子機器組立て作業）2級、3級	R6. 7. 21	島内良章 中澤亮太	地域職業訓練センター
プラスチック成形（射出成形作業）基礎級	R6. 7. 22	村井正徳	地域職業訓練センター
機械加工（普通旋盤）2級、3級	R6. 7. 27	上田竜平	宿毛工業高等学校

検 定 名 称	派遣日	派遣者	会 場
めっき（電気めっき）	R6. 7. 27 7. 28	竹内宏太郎 矢野雄也 竹吉優樹	高知精工メッキ（株）
機械加工（数値制御旋盤作業） 2 級	R6. 7. 28	村井正徳	高知精工メッキ（株）
機械加工（円筒研削盤作業） 2 級	R6. 7. 28	村井正徳	高知精工メッキ（株）
プラスチック成型（射出成形作業） 随時 基礎級	R6. 8. 1	上田竜平	睦月電気（株）
機械加工（マシニングセンタ） 3 級	R6. 8. 4	島本 悟	高知精工メッキ（株）
プラスチック成型（射出成形作業） 随時 2 級	R6. 8. 6	村井正徳	睦月電気（株）
機械加工（採点）	R6. 8. 8	島本 悟 毛利謙作 村井正徳 上田竜平	工業技術センター
金属熱処理（実技試験） 1、2、3 級	R6. 8. 25	眞鍋豊士 土方啓志郎	地域職業訓練センター
機械加工（普通旋盤） 2 級	R6. 8. 10	毛利謙作	高知工業高等学校
機械加工（採点）	R6. 9. 5	上田竜平	工業技術センター
電気機器組立て 1 級 2 級	R6. 9. 7	刈谷 学 島内良章	地域職業訓練センター
水産練り製品製造（かまぼこ製品製造作 業）随時 3 級	R6. 9. 10	阿部祐子	（株）けんかま
工場板金（機械板金作業） 随時 3 級	R6. 9. 11	村井正徳	（株）エスイージー
仕上げ（機械組立仕上げ作業） 基礎級	R6. 9. 12	上田竜平	（株）栄光工業
機械加工（数値制御旋盤作業） 随時 2 級、随時 3 級、基礎級	R6. 9. 26	村井正徳	（株）松村鉄工所
金属プレス加工（金属プレス作業） 基礎 級	R6. 10. 2	村井正徳	（株）ササオカ
仕上げ（機械組立仕上げ作業） 随時 2 級、随時 3 級	R6. 10. 29	村井正徳 上田竜平	高知高等技術学校
工場板金（機械板金作業） 随時 2 級	R6. 11. 6	村井正徳	（株）松村鉄工所
電子機器組立て（電子機器組立て作業） 随時 2 級、基礎級	R6. 11. 23	島内良章	（株）土佐電子
ハム・ソーセージ・ベーコン製造 随時 3 級	R6. 11. 26	竹田匠輝	（株）ピアサーティ
工場板金（機械板金作業） 基礎級	R6. 11. 27	村井正徳	（株）エスイージー

検 定 名 称	派遣日	派遣者	会 場
機械加工（普通旋盤）基礎級	R6.12.11	毛利謙作	高須工業(株)
金属プレス加工（金属プレス作業）随時3級	R6.12.19	上田竜平	(株)ササオカ
工場板金（機械板金作業）随時3級 製パン1, 2級 油圧装置調整 1、2級	R7. 1. 8 R7. 1.12 R7. 1.18	村井正徳 岡本佳乃 村井正徳	(株)松村鉄工所 龍馬学園 地域職業訓練センター
電子機器組立て3級 シーケンス制御2級3級	R7. 1.18 R7. 1.19	刈谷 学 刈谷 学 島内良章	地域職業訓練センター
自動販売機調整1級2級 仕上げ（機械組立仕上げ作業）随時3級	R7. 1.25 R7. 1.28	刈谷 学 村井正徳	地域職業訓練センター 高知高等技術学校
機械加工（普通旋盤）随時3級 機械検査2級	R7. 1.30 R7. 2. 1	毛利謙作 島本 悟 島内良章	(有)繁春鉄工所 地域職業訓練センター
機械加工（普通旋盤）3級	R7. 2. 1	上田竜平	高知職業能力開発短期大学校
シーケンス制御（シーケンス制御作業）2級、3級	R7. 2. 2	刈谷 学 島内良章	須崎総合高等学校
機械検査3級	R7. 2. 8	島本 悟 島内良章	地域職業訓練センター
機械加工（普通旋盤）2級	R7. 2.11	毛利謙作	高知高等技術学校
工場板金（機械板金作業）基礎級	R7. 2.11	村井正徳	(株)栄光工業
工場板金（数値制御タレットパンチプレス板金作業）1級	R7. 2.11	村井正徳	(株)栄光工業
プラスチック成型（射出成形作業）随時3級	R7. 2.13	上田竜平	睦月電気(株)
機械加工（採点）	R7. 2.13	毛利謙作	工業技術センター
電子機器組立て随時3級	R7. 3. 1	刈谷 学 島内良章	グローリープロダクツ(株)
機械加工（数値制御旋盤作業）随時3級	R7. 3. 4	村井正徳	(株)栄光工業
工場板金（機械板金作業）基礎級	R7. 3.11	上田竜平	(株)ツヅラ
電気機器組立て（配電盤・制御盤組立て作業）随時3級	R7. 3.12	島内良章	(有)上田電機
仕上げ（機械組立仕上げ作業）基礎級	R7. 3.18	村井正徳	(株)栄光工業

4-4 技術指導アドバイザー派遣

分野	アドバイザー	派遣先	派遣日
食品加工	野村 明	(株)ウェルカムジョン万カンパニー	R6. 6. 11
		(有)ヤマア	R6. 6. 12 R6. 12. 13
		カワクボ FACTORY(株)	R6. 6. 21
計測技術	倉西 英明	(株)コアテック	R6. 12. 25

5. 人材養成・技術研修

5-1 人材養成研修、技術講習会

講習会名、講演題目	開催日	参加者数
(食品開発課)		
機能性表示食品の開発における問題点	R6. 6.20	14
外商・輸出に向けた食品開発及び品質管理	R6. 7.19	18
令和版食品開発の基本的な考え方	R6. 8.21	9
「おいしさの見える化」で売上アップと販路拡大	R6.10.18	13
酒造技術研究会	R6. 9. 2	19
	R6. 9.13	28
地域食材活用のための加工食品試作研修	R6. 4.10	1
	R6. 5~7 (4日)	1
	R6. 8.15	6
	R6.10. 1	7
	R6.10. 8	8
	R6.11.21	8
(生産技術課)		
ノイズ対策技術セミナー(第1回)	R6. 7. 2	14
ノイズ対策技術セミナー(第2回)	R6. 7. 3	14
材料試験-材料試験(全2回)	R6.11.20	3
	R6.11.27	
ノイズ対策技術セミナー(第3回)	R6.11.26	5
材料試験-金属組織(全2回)	R6.12.11	3
	R6.12.18	
材料試験-金属成分分析残留応力測定	R7. 1.15	6
材料工学論-熱処理の基礎(全2回)	R7. 1.22	1
	R7. 2. 3	
CAEを利用した熱カレンダー装置のロール変位の数値化	R7. 2. 6	15
スマートものづくり導入支援		
AI技術講習会～画像認識AIの開発と実装～	R6. 5.22	10
	R6. 6. 7	
デジタルツールを活用した現場改善	R6. 7.24	9
ロボット導入を成功させるポイントとは	R6. 9.25	29
3次元データ活用セミナー	R6.10.15	13
生成AIを活用したプログラム開発の効率化	R6.10.23	10
	R6.11. 1	
3D CAD講習会～3D CADによるモデリングと3Dプリンタでの造形～	R6.11.20	13
AIセミナー～ノーコードと生成AI、IoTが繋がると何が出来るか?～	R6.12. 6	26
AI技術講習会～AIを活用した異音検知～	R6.12.17	1
スマートものづくりフォーラム	R7. 2.20	48
(資源環境課)		
化学物質管理に係る基礎講座	R6. 4.15	59
湿式分析-分析の基礎	R6. 5.31	5
湿式分析-無機分析の基礎-原子吸光法・ICP発光分光分析法	R6. 6. 7	6
第1回カーボンニュートラルセミナー「省エネ」から始めるカーボンニュートラル	R6. 6. 7	32
環境経営関連セミナー	R6. 8. 2	1
湿式分析-無機分析の応用-湿式分解処理による微量元素分析	R6. 9. 6	1
X線分析-X線回折装置	R6. 9.13	4

講習会名、講演題目	開催日	参加者数
X線分析-蛍光X線分析装置	R6. 10. 4	4
異物分析-電子顕微鏡	R6. 10. 11	2
ガス成分分析	R6. 10. 25	1
保護具着用管理責任者教育	R7. 2. 19	32
第2回カーボンニュートラルセミナー	R7. 3. 19	55

5-2 講師派遣

(1) 大学等への派遣

大学等名称	派遣者	派遣期間
金沢大学大学院自然科学研究科	堀川晃玄	R5. 4. 1~R8. 3. 31

(2) 講習会等への派遣

講習会名、講演題目等	派遣者	派遣日	人数
(所長、技術次長)			
土佐技術交流プラザ通常総会記念講演「高知県の工業系公設試について」 (食品開発課)	刈谷 学	R6. 6. 19	19
令和6年度普及指導員専門技術高度化研修(6次産業化I)	森山洋憲	R6. 6. 26	5
酒造技術者中核人材育成研修	甫木嘉朗 土居睦卓	R6. 7. 16~ R6. 7. 19	11
第47回酒米懇談会	甫木嘉朗	R6. 9. 4	47
搾汁作業講習会(ユズ搾汁のポイントと衛生管理)	近森麻矢	R6. 10. 15	8
令和6年度6次産業化セミナー	森山洋憲	R6. 10. 16	25
現代応用生物科学講義 高知の酒造りと商品開発について	甫木嘉朗	R6. 11. 15	191
令和6年度酒造講話会	甫木嘉朗 土居睦卓	R6. 12. 6	14
フードテック普及啓発セミナー	森山洋憲	R6. 1. 15	111
高知県溶接協会主催 溶接技能者評価試験 補助員	土方啓志郎	R7. 2. 23	84

5-3 研修生の受入

事業	所属	受入期間	人数
共同研究に関する学生の外部研究員としての受け入れ	高知大学	R6. 4. 10~R7. 3. 31	3
	酔鯨酒造(株)	R6. 4. 8~R7. 3. 31	1

6. 産業財産権

○登録

登録年月日	登録番号	発明の名称	発明者名	共同単独の別	備考
平成19年 5月18日	特許 第3955923号	真空、乾燥・濃縮装置	村井正徳	共同	兼松エンジニアリング(株)
平成20年11月21日	特許 第4218904号	ステアリングホイールに模様を転写する転写装置	篠原速都 山下 実 鶴田 望	共同	実施企業数1社 東海理化販売(株)
平成23年10月28日	特許 第4849578号	マイクロ波を利用した抽出装置	浜田和秀 村井正徳	共同	実施企業数1社 兼松エンジニアリング(株)
平成24年 1月13日	特許 第4899179号	ステアリングホイールに模様を転写する転写方法	篠原速都 山下 実 鶴田 望	共同	(株)東海理化クリエイト
平成26年 5月 9日	特許 第5531262号	凍結濃縮装置	森山洋憲	共同	高知工科大学
平成26年12月19日	特許 第5667526号	複雑な形状のインモールド成形を行う方法、そのインモールド成形に使用する転写シート、および当該方法で形成された樹脂成形品	篠原速都 鶴田 望	共同	(株)ミロク製作所
平成27年 1月 9日	特許 第5675572号	インモールド成形方法および当該方法で形成された樹脂成形品	篠原速都 鶴田 望	共同	(株)ミロク製作所
平成28年 3月18日	特許 第5899604号	マイクロ波を利用したバイオマス再資源化装置	村井正徳 浜田和秀 近森麻矢	共同	実施企業数1社 兼松エンジニアリング(株)
平成29年 7月28日	特許 第6179779号	樹脂フィルム及びこれを用いた突板シート並びに自動車内装部材	篠原速都 山下 実 鶴田 望	共同	日泉化学(株)
平成29年10月13日	特許 第6221027号	拡張現実感技術による計測器管理システム及びプログラム	今西孝也	共同	(株)オサシ・テクノス
平成30年 2月16日	特許 第6288825号	複合シート及びこれを用いた樹脂成形部材	篠原速都 山下 実 鶴田 望	共同	日泉化学(株)
令和 2年 4月16日	特許 第6692474号	漆喰材	河野 敏夫 矢野 雄也 堀川 晃玄	共同	実施企業数1社 田中石灰工業(株)
令和 3年 5月11日	特許 第6882730号	ハマアザミ抽出物を含む免疫調節用組成物	篠原速都 川北浩久 岡本佳乃 岡崎由佳 鈴木大進	共同	高知県公立大学法人

登録年月日	登録番号	発明の名称	発明者名	共同 単独 の別	備 考
令和 3年12月13日	特許 第 6992772 号	フロンガスの分解方法 及びその装置並びに水 素の製造方法、フッ化 カルシウムの製造方法 及び燃料電池	河野敏夫 矢野雄也	共同	実施企業数 1 社 大旺新洋(株)、国 立大学法人高知大 学
令和 4年 1月12日	特許 第 7007663 号	クロモジ抽出物	篠原速都 川北浩久 岡本佳乃 岡崎由佳 鈴木大進	共同	国立大学法人高知 大学、高知県公立 大学法人
令和 4年 6月13日	特許 第 7088493 号	中空糸膜の洗浄方法	隅田 隆 伊吹 哲 矢野雄也 鈴木大進	共同	実施企業数 1 社 (株)太陽

7. 参考資料

7-1 主要設備

名 称	規 格	製 作 所	導入 年度
(食品開発課)			
くん製装置	SU-50F	大道産業(株)	H4
精米装置	SDB-2A小型醸造精米器	(株)佐竹製作所	H8
糖化蒸留装置	TM-50(糖化装置)、V-20S(蒸留装置)	(株)ケーアイ	H8
天然高分子用高速液体クロマトグラフ	PU-980 他	日本分光(株)	H9
デジタルマイクロスコープ	VH-8000	(株)キーエンス	H13
電熱オーブン	EBSPS-222B	(株)フジサワ	H15
機能性成分高速分析システム	ACQUITY UltraPerformanceLC	日本ウォーターズ(株)	H21
スライサー	ECD-702型	榎村鐵工所	H21
微量香気成分定量装置	7890A (GC) 、5975C (MSD)	GERSTEL社・Agilent社	H21
冷風乾燥機	DV-5P (乾燥野菜専用コンパクト型)	(株)ユニマック	H21
柑橘搾汁試験機	処理能力500kg/h	川島博孝	H21
バルバーフィニッシャー	HC-PF型	(株)サンフードマシナリ	H21
クリーブメーター	RE2-33005B コントロールモジュール	(株)山電	H21
果実洗浄装置	洗浄ライン：五条式	川島博孝	H21
微量成分分離分取高速システム	テラ600システム	日本ウォーターズ(株)	H22
機能性成分高速分析システム	X-LCシステム	日本分光(株)	H22
ポストカラム誘導体化HPLCシステム	ACQUITY UPLC H-Class	日本ウォーターズ(株)	H22
精油成分抽出用減圧蒸留装置	EXT-V40P06	兼松エンジニアリング(株)	H22
微粉粒磨砕機	MKCA6-2Jα	増幸産業(株)	H22
フリーズドライ	RLEII-103	共和真空技術(株)	H22
窒素分析装置	Kjeltec8400	FOSS	H24
脂肪酸分析装置	GC-2010plus	(株)島津製作所	H25
超急速凍結機	283L	ホシザキ電気(株)	H27
ヘッドスペース付きガスクロマトグラフ	7890B	アジレント・テクノロジー(株)	H27
迅速溶媒抽出装置	ST243Soxtec	FOSS	H29
ブライン凍結機	RF-10L	米田工機(株)	H29
生物顕微鏡システム	BX53F	オリンパス(株)	H29
味認識装置	TS-5000Z	(株)インテリジェントセンサーテクノロジー	H29
多感覚器分析システム機器	フラッシュGCノーズHERACLES II /HS/Sほか	アルファ・モス・ジャパン(株)	H29
スクリュープレス	MKSS-1特殊仕様	池田機械工業(株)	H29
分析天秤及び自動秤量システム	XPE205DRV	メトラー・トレド(株)	H29
スチームコンベクションオーブン	FSCCWE101G	(株)フジマック	R1
粘体充填機	パズル充填機RD703	(株)ナオミ	R1
小型調理殺菌装置	RCS-40SPXTG-FAM	(株)日阪製作所	R1
嗜好的機能特性評価システム	高速アミノ酸分析計LA-8080、 分光光度計UH5300	(株)日立ハイテクサイエンス	R1
自動ガス真空包装機	FVS II -500 II G	(株)古川製作所	R2
缶詰巻締め機	MVC4H	木村エンジニアリング(株)	R2
ガス置換カップシーラー	PM-500AS-G	第一パック機工業(株)	R2
超低温フリーザー	MDF-DU300H	PHC(株)	R2
高速大容量冷却遠心機	Model17000	久保田商事(株)	R2
恒温振とう培養機	BR-180LF	タイテック(株)	R2
水分活性測定器	EZ-200	フロイント産業(株)	R2
ポータブル画像解析装置	Portable PITA PH-01 A/L	(株)セイシン企業	R2
低温乾燥機	FDD-12B	(株)ネスター	R2
LC-MS システム	X500R Q-TOF LC-MSシステム	(株)エービー・サイエックス	R3

名 称	規 格	製 作 所	導 入 年 度
(生産技術課)			
グライディングセンタ	YBM-640V	安田工業(株)	H9
メモリレコーダ	8841	日置電機(株)	H11
FFTアナライザ	CF-3200J	(株)小野測器	H12
金属組織検査試料作成装置	ラボプレス3、ラボホル6、ラボフォース3ほか	(株)丸本ストルアス	H17
ノイズコミュニティ試験装置	ESS-2000AXほか	(株)ノイズ研究所	H20
金属顕微鏡システム	ECLIPSEMA200、SMZ1500	(株)ニコン	H21
乾式X線透過装置	SMX-3500	(株)島津製作所	H21
CNC輪郭形状測定機	SV-C4000CNCシステム	(株)ミツトヨ	H22
万能試験機	UH-F1000KNI	(株)島津製作所	H23
表面粗さ計	サーフテスト-501	(株)ミツトヨ	H23
冷熱衝撃試験機	TSA-72ES-A	エスベック(株)	H24
非接触三次元形状測定装置	COMET L3D-8M	Steinbichler社	H25
CNC三次元測定装置	CRYSTA-ApexS 122010	(株)ミツトヨ	H25
マイクロビッカース硬度計	HM-220D	(株)ミツトヨ	H26
小型電子顕微鏡	TM3030、SwiftED3000	(株)日立ハイテクノロジーズ	H26
ひずみ測定装置	EDX-200A-4H、UCAM-60B-AC	(株)共和電業	H27
超低温恒温恒湿試験器	EC-86LHHP	日立アプライアンス(株)	H27
CAE	Mechanical CFD Maxwell 3Dほか	ANSYS社	H29
インクジェット方式3Dプリンタ	AGLISTA-3200	(株)キーエンス	H29
振動試験装置	FH-26K/60	エミック(株)	R1
デジタルオシロスコープ	DSOS204A	キーサイト・テクノロジー(株)	R2
可搬型X線残留応力測定装置	SmartSite RS	(株)リガク	R2
伝導EMC試験システム	ESR3ほか	(株)テクノサイエンスジャパン	R4
固体発光分析装置	OE750	(株)日立ハイテクサイエンス	R6
(資源環境課)			
熱機械的分析装置	TMASS350	セイコー電子工業(株)	H5
遊星型ボールミル	P-5/4	ブリヂェ社	H13
水銀分析装置	マーキュリー/SP-3D	日本インストルメツ(株)	H18
精密万能材料試験機	AG-50kNIS型	(株)島津製作所	H18
恒温恒湿槽	PL-4KPH	エスベック(株)	H19
粒度分布測定装置	SALD-2200	(株)島津製作所	H19
ガスクロマトグラフ質量分析計	JMS-Q1000GC Mk II	日本電子(株)	H21
走査電子顕微鏡	JSM-6701F	日本電子(株)	H21
ビートサンプラー	TK-4100型	東京化学(株)	H23
シーケンシャル型ICP発光分光分析装置	SPS3520UV-DD	エスアイ・ナノテクノロジー(株)	H24
フーリエ変換型赤外分光光度計	FT/IR-6600	日本分光(株)	H26
多機能性マルチモードプレートリーダー	Variaskan LUX multimode microplate reader	サモフィジャーサイエンティフィック(株)	H28
X線回折装置	Empyrean	スペクトリス(株)	H28
熱分析装置	Thermo plus EV02	(株)リガク	H29
デジタルマイクロスコープ	モニター一体型VHX-6000、SP1464	(株)キーエンス	H29
ハイブリッドガスクロマトグラフ質量分析装置	EGA/PY-3030D、JMS-Q1500GC	日本電子(株)	H30
マイクロ波前処理装置	ETHOS EASY	マイルストーンゼネラル(株)	R1
原子吸光分光光度計	novAA800F	(株)アナリティクイエナ	R2
ICP発光分光分析装置	5800VDV、ICPOES	アジレント・テクノロジー(株)	R3
ライフサイクルアセスメントシステム	MILCA v2	(一社)サステイナブル経営推進機構	R3
蛍光X線分析装置	ZSX PrimusIV	(株)リガク	R3
衝撃試験機	IT	(株)東洋精機製作所	R3
熔融樹脂流動性測定装置	No. 120-FWP	(株)安田精機製作所	R3
多軸混練攪拌システム	ラボプラストミル3S150	(株)東洋精機製作所	R4
トリプル四重極ICP-MS	iCAP TQ	サモフィジャーサイエンティフィック(株)	R5
カロリメーター	C6000 isoperibol	IKAジャパン(株)	R5
炭素硫黄分析装置	EMIA-Step EMIA-10	(株)堀場製作所	R6

7-2 補助事業等

年度	項目	事業名	事業費 (千円)	補助金等 (千円)	部課名	備考
R6	設備拡充 ・固体発光分析装置	公設工業試験研究所の 機械設備拡充補助事業	9,889	6,593	生産技術課	2/3補助（公 益財団法人JK A）
	・炭素硫黄分析装置		13,200	8,800	資源環境課	
	モルホロジー制御による プラスチック成型物の物 性制御技術の検討	公設工業試験研究所等 が主体的に取り組む共 同研究	4,448	2,965	資源環境課	2/3補助（公 益財団法人JK A）
	輸出拡大を目的とし た土佐酒テロワール の深化と展開	デジタル田園都市国家 構想交付金	5,495	2,607	食品開発課	1/2補助（内 閣府）
	ししとうの収穫時リ アルタイム高精度AI 選果装置の開発	「戦略的スマート 農業技術等の開発 ・改良」に係る試 験研究	705	705	生産技術課	10/10補助 （農業・食 品産業総合研 究機構）
	未利用バイオマス資 源の有効活用のため の低コスト・高効率 マイクロ波炭化技術 の開発	新エネルギー等の シーズ発掘・事業 化に向けた技術研 究開発事業	1,980	1,980	資源環境課	10/10補助 （国立研究 開発法人新 エネルギー ・産業技術 総合開発機 構）

7-3 人事異動

(令和7年4月1日付)

○転入・内部異動等

氏名	新所属及び職名	旧所属
山下 実	企画監 (GX・DX担当)	技術次長 (連携担当)
谷脇 敦	次長・兼総務課長	次長・兼計量検定室長
須藤 正智	次長・兼計量検定室長	産業政策課地域支援企画員 (総括)
吉森 卓也	計量検定室チーフ	学校安全対策課チーフ (財産管理担当)
中川 大輔	計量検定室主幹	計量検定室主査
池川 生	総務課主事	新採
小笠原 太一	生産技術課研究員	新採

○転出等

氏名	新所属及び職名	旧所属及び職名
石原 浩二	中央西農業振興センター 総務企画課チーフ (総務担当)	次長・兼総務課長
川北 浩久	退職	専門企画員 (研究企画担当)
横飛 里美	農業大学校主任	総務課主任
上田 竜平	工業振興課主幹	生産技術課主任研究員
今西 孝也	専門員 (再任用)	専門員 (退職)
隅田 隆	専門員 (再任用)	専門員 (退職)
小松 立和	中央東土木事務所道路管理課チーフ (道路管理担当)	計量検定室チーフ

令和6年度高知県工業技術センター報告第56号

令和8年3月25日 印刷発行

〒781-5101 高知市布師田3992-3

編集兼
発行所 高知県工業技術センター

Kochi Prefectural
Industrial Technology Center

印刷所 西 富 膳 写 堂

この資料は再生紙を使用しています。

