

# 研 究 報 告

第 24 号

令和 4 年 3 月



Journal of  
Local Independent Administrative Agency  
Iwate Industrial Research Institute

Vol.24

地方独立行政法人  
岩手県工業技術センター



## 地方独立行政法人岩手県工業技術センター

〒020-0857 岩手県盛岡市北飯岡 2-4-25

電 話 : 019-635-1115

F A X : 019-635-0311

ホームページ : <http://www2.pref.iwate.jp/~kiri/>

電子メール : [CD0002@pref.iwate.jp](mailto:CD0002@pref.iwate.jp)

# 地方独立行政法人岩手県工業技術センター研究報告

## 第 24 号

### 目 次

◆ 電子情報システム部	
1 自律搬送ロボット用低コストナビゲーションシステムの開発 (研究事業名：令和 2 年度技術シーズ創生研究事業 プロジェクトステージ) 箱崎 義英、長谷川 辰雄・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
2 鋳造工場を対象とした生産シミュレータの開発 (研究事業名：令和 2 年度技術シーズ創生研究事業 プロジェクトステージ) 菊池 貴、長谷川 辰雄、堀田 昌宏・・・・・・・・・・・・・・・・	7
3 農業ハウス向けの低コストで高耐久な環境計測装置の開発 ー低価格帯の環境センサの耐久性評価ー (研究事業名：平成 30 年度～令和 2 年度 食料生産地域再生のための先端技術 展開事業のうち現地実証研究委託事業) 菊池 貴、堀田 昌宏、紺野 亮・・・・・・・・・・・・・・・・	12
◆ 素形材プロセス技術部	
4 可搬式長大寸法測定器用長さ標準器の開発 (研究事業名：令和 2 年度技術シーズ創生研究事業 育成ステージ) 和合 健、生内 智、磯部 和夫・・・・・・・・・・・・・・・・	18
◆ 産業デザイン部	
5 デザイン思考による商品開発支援ツールの開発 (第 2 報) (研究事業名：令和 2 年度技術シーズ創生研究事業 プロジェクトステージ) 長嶋 宏之、内藤 廉二、永山 雅大、小林 正信・・・・・・・・	22
6 Fusion360 を活用した木材 3 次元自動加工の検討 (研究事業名：令和 2 年度技術シーズ創生研究事業 育成ステージ) 内藤 廉二、有賀 康弘・・・・・・・・・・・・・・・・	31
7 岩手の産業デザイン資料のアーカイブ化 (研究事業名：令和 2 年度技術シーズ創生研究事業 プロジェクトステージ) 有賀 康弘、畑 俊、小林 正信、小野 陽子・・・・・・・・	38

8	県内中小企業とデザイン人材のマッチング手法の構築 (研究事業名：令和2年度 技術シーズ創生研究授業 プロジェクトステージ、 令和2年度公立大学法人岩手県立大学地域政策研究センター地域 協働研究(ステージI)) 永山 雅大、高橋 正明、小林 正信、近藤 信一、三好 純矢	44
◆ 醸造技術部		
9	一般的な醸造法による減塩醤油の発酵試験 (研究事業名：平成30年度～令和2年度技術シーズ創生研究事業 育成ステージ) 畑山 誠	48
10	ヤマブドウ新規有望系統の醸造試験 (研究事業名：令和2年度ヤマブドウ有望系統の醸造試験業務 県北広域振興局委 託業務) 平野 高広、玉川 英幸	51
11	岩手県に適したマロラクティック発酵乳酸菌の選抜・評価 (研究事業名：平成30年度～令和元年度技術シーズ創生研究事業 プロジェクト ステージ) 平野 高広、山下 佑子、佐藤 稔英、米倉 裕一	55
12	岩手県陸前高田市産ブドウのワイン醸造特性 (研究事業名：平成30年度～令和2年度 復興庁・農林水産省 食料生産地域 再生のための先端技術展開事業(JPJ000418)のうち社会実装促進 業務委託事業) 平野 高広、山下 佑子	61
13	PCR法による岩手県清酒酵母の判別 (研究事業名：令和2年度技術シーズ創成研究事業 育成ステージ) 玉川 英幸	66
◆ 食品技術部		
14	梅酒漬け梅の利用検討 (研究事業名：令和2年度技術シーズ創生研究事業 育成ステージ) 山下 佑子	70



# 自律搬送ロボット用低コストナビゲーションシステムの開発\*

箱崎 義英\*\*、長谷川 辰雄\*\*

工場や倉庫などの屋内で利用する搬送ロボットにおいて、マーカによりロボットを制御することで、レイアウト変更や経路変更に対応可能なナビゲーションシステムについて開発を行ってきた。それにより、ロボットに搭載したカメラで視覚マーカを読み取り人工知能で認識し、自律走行できる方法を実現した。ここで、視覚マーカは、走行順を示す順番マーカと右折や左折等の走行動作を示す動作マーカで構成される。

キーワード：自律搬送ロボット、AI、ROS、画像認識、マーカ

## Development of low-cost navigation system for autonomous mobile robot

HAKOZAKI Yoshihide, HASEGAWA Tatsuo

Key words : Autonomous Mobile Robot, AI, ROS, Image Recognition, Marker

### 1 緒言

工場内の物品を自動で運ぶ搬送ロボットの多くは、床面に貼り付けた磁気テープを検知して自動走行するが、工場のレイアウトや経路変更が発生する場合はその都度、磁気テープを貼り直す必要があり、その手間が課題となっている。また、通路に貼り付けていた磁気テープ上を歩行者や台車なども通過するため場所によって摩擦により磁気テープがはがれることもあり定期的にメンテナンスが必要となる。そこで、磁気テープを使わずに距離を測るレーザセンサとタイヤ回転の移動量を制御して自律走行するSLAM (Simultaneous Localization And Mapping) 方式が注目されている<sup>1)~3)</sup>。しかし、SLAM方式は、事前に手動でロボットを操作し走行経路の地図を作成する必要がある。

本研究では、ロボットに搭載したカメラで視覚マーカを読み取り人工知能 (AI:Artificial Intelligence) で認識することで、自律走行できる方法を提案する。本方法では、視覚マーカを貼り替えることでレイアウト変更に対応でき、従来のSLAM方式に比べて、自律走行のための準備時間を従来の2時間から30分程度まで短縮することが可能となる。

### 2 自律走行ロボット

#### 2-1 ロボット本体

本研究で使用したロボットを図1に示す。サイズは、D500mm×W400mm×H800mmであり、ベースとなる車体にはメガローバーVer1.2 (ヴイストーン株式会社) を利用した。駆動方式は対向二輪型であり、可搬重量は40Kg、最高速度が0.63m/sとなっている。走行はモータ

ドライバへ並進速度と回転角速度の2つの指令を送信することにより行うものとなっている。また、モータ (車輪) の回転数によるオドメトリ (総走行距離) の取得も可能となっている。



図1 走行ロボット

#### 2-2 システム構成

ロボットの自律走行を実現させるには、障害物検出や経路計画、走行制御等のさまざまな機能を実装する必要があるが、すべての機能を短期間で開発することは非常に困難である。そこで、本研究では、ロボット開発を支援するライブラリやツールを提供しているROS (Robot Operating System) を利用することにした。

本ロボットのシステム構成を図2に示す。本研究では、屋内での走行に限定し、利用するセンサは障害物検出に使用するレーザレンジファインダ (LRF) と、マーカ認識のためのカメラの最少の構成とした。カメラはMCM-

\* 令和2年度 技術シーズ創生研究事業 プロジェクトステージ

\*\* 電子情報システム部

320(株式会社ガゾウ)を使用し、フレームレートは 30fps、画像サイズは 640×480 となっている。

ロボット制御は、Ubuntu16.04+ROS を搭載したノートパソコンで行い、メガローバーへの速度指令、各センサやジョイスティックからのデータは ROS のノードを介して ROS トピックとして送受信を行う。

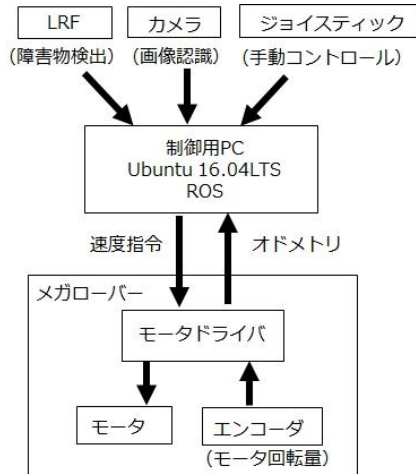


図2 システム構成

### 3 マーカによるナビゲーションシステム

本研究で提案するナビゲーションの概要を図3に示す。SLAM では地図を必要とするが、本提案方法ではロボットの基本動作を直進とし、右左折等の回転動作や停止などの特定動作を実行させる地点にマーカを設置することで走行ロボットを制御する。

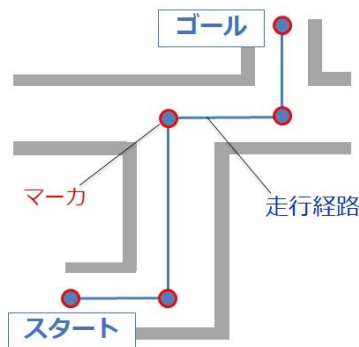


図3 提案手法 (マーカによるナビゲーション)

#### 3-1 走行命令マーカ

床面に QR コードを貼り付け、その QR コードを読み取ることで搬送ロボットをナビゲーションする方法もあるが、本研究では、走行経路の変更時にマーカの設置が容易となるように、人が視認して判読可能となるマーカを使用する。ロボットの基本動作は直進走行とし、右折や左折等の直進以外の動作が必要な場所にマーカを設置するものである。図4に走行指令マーカを示す。走行指令マーカは、走行順を示す順番マーカとその地点で

のロボットの動作を示す動作マーカにより構成される。動作マーカは、矢印と数字の組み合わせで構成され、例えば、右矢印と 90 であれば、ロボットは右方向に 90 度回転する指令となり、上矢印と 2 であれば、2m 直進となる。また、上矢印 2 と右矢印 90 を上下 2 段で設置することで 2m 直進後に 90 度右折と二つの動作を実行させることも可能である。このように、レイアウト変更の時は、この数字と矢印で構成されるマーカを張り替えるだけの作業となる。

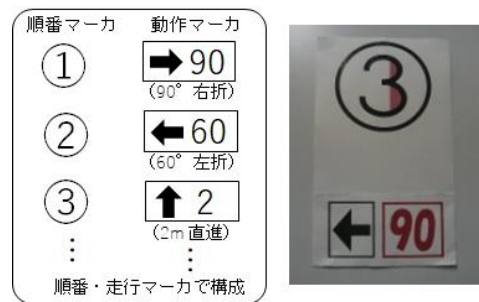


図4 走行指令マーカ

#### 3-2 マーカ認識

ロボットには走行前方の広い範囲を撮影するため、広角のカメラを使用し、Darknet YOLO (AI ライブラリ) によりマーカを認識する。誤認識を少なくするためにはマーカは大きい方が有効であるが、廊下内に配置することを考慮し、A4 版の用紙内に順番マーカ及び動作マーカを配置できるサイズとした。また、マーカは、廊下に設置した際、人の通行時に障害とならないよう床面から高さ 2.1m の位置に設置することにした。カメラは高さ約 1m の位置に搭載されており、高低差により、カメラとマーカの距離が比較的に大きくなるため、カメラの画素 (640×480 画素) においてマーカの撮影に有効な画素は最大で 40×60 画素程度となった。カメラで撮影される全画素に対してマーカの画素サイズは非常に小さいことより認識率を高めるため、数字や矢印を○や□の枠で囲み特徴ある形状とした。

図5にマーカの認識実験の様子を示す。また、図6にロボットを走行させながらの認識結果を示す。本研究では、視覚マーカによる安定走行のため、命令実行の確定基準は、撮影される画像において矢印や数字の AI 認識率が 80%以上となる画像が 10 枚 (10fps) 以上とした。図6の横軸は時間を表しており、時間の経過とともにロボットがマーカに近づくためカメラ映像においてマーカ画素が大きくなっていくことになる。グラフの線が連続とならない箇所は、認識が連続でできない場合である。「矢印と 90」の画像サイズに対して、②の画像サイズは大きいいため認識率が良くなっているが、双方のマーカについて、カメラ映像が取得可能な位置において、目標となる認識率 80%以上で 10 枚以上を達成することが可能である。本実験では、取得した画像においてマーカが 30×

30 画素以上で 80%以上の認識率となる。マーカを認識している中で、認識が低下する場合があるが、振動などによりブレが発生し画像がぼやけるためである。特に、マーカの画素サイズが小さい場合、認識率に大きく影響を与える。

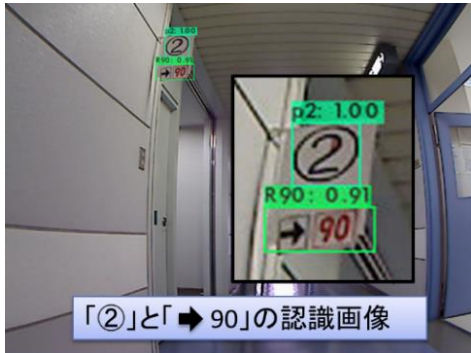


図5 マーカ認識実験

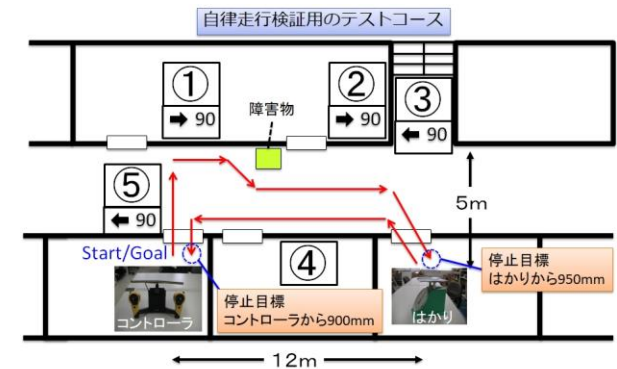


図7 走行実験コース

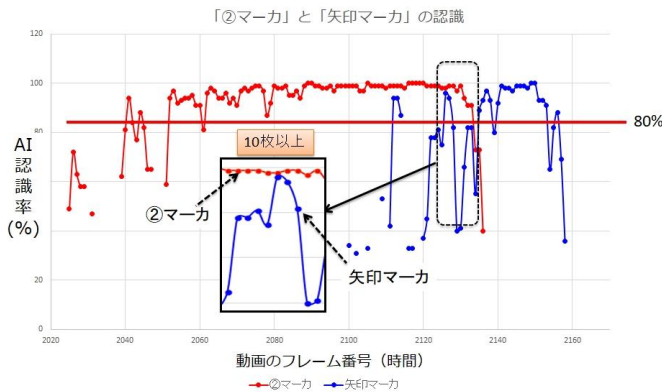


図6 マーカ認識結果

#### 4 走行実験

当センターの建物内の部屋を移動する検証用のテストコースを図7に示す。コースは①～⑤番の順に走行し、中間地点に設置したはかりと、スタート・ゴール地点のコントローラを停止マーカとし20回繰り返し走行させ、停止位置の精度を検証した。

はかりやコントローラを走行指令マーカと同様に AI により認識させ、それぞれの物体に近づき、それら物体の AI による認識サイズがあらかじめ指定されたサイズと一致した位置で停止させるようにした。中間地点では、はかりから手前 950mm の位置を停止目標とした。終点では、コントローラから手前 900mm の位置を停止目標とした。停止後のユーターン動作や、障害物の回避動作はロボットに事前に組み込んでおり、障害物は LRF により検出している。なお、実験時の走行ロボットの速度は 0.27m/s (約 1km/h) である。

今回、人によるロボットへの荷物の載せ下ろしを想定し停止位置精度として±100mm 以内としている。図8にロボットの停止位置の測定結果を示す。どちらの場合で

も目標の停止位置に対して±100mm 以内を達成することができた。ロボットアーム等を使用し荷物を載せ下ろしさせる場合には、±10 mm程度の位置精度にする必要があるが、人が行う場合には、本提案方法でも十分に対応可能であることがわかった。

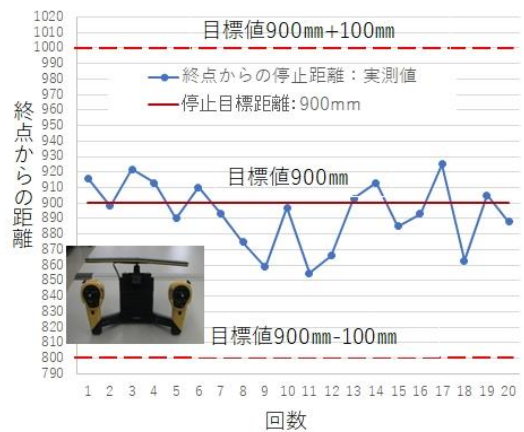
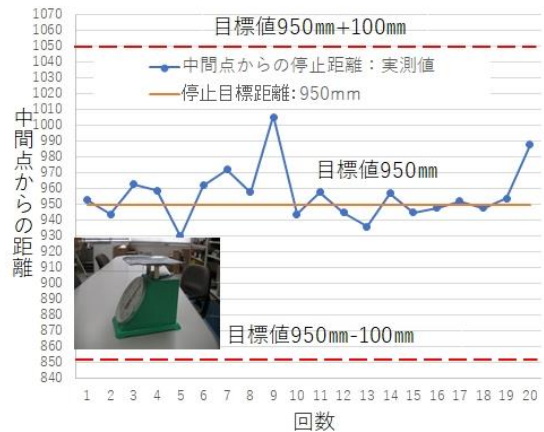


図8 停止位置精度

#### 5 結 言

本研究では、ロボットに搭載したカメラで走行順を示す順番マーカとロボットの動作を示す動作マーカにより構成される視覚マーカを読み取り AI で認識することで、自律走行できる方法を提案した。視覚マーカは A4 版用紙サイズとし、床面から高さ 2.1m の位置に設置し走行

速度 0.27m/s (1km/h) において実験を行ったところ、視覚マーカを認識し、ロボットの走行制御が可能であることを確認できた。

本方法では、数字や文字を印刷した用紙を貼り替えることでレイアウト変更に対応でき、従来の SLAM 方式に比べて、自律走行のための準備時間を従来の 2 時間から 30 分程度まで短縮できることがわかった。

## 文 献

- 1) 森岡博史：人の多い混雑な環境下での SLAM による移動ロボットのナビゲーション、第 28 回日本ロボット学会学術講演会、1Q3-6、(2010)
- 2) 友納正裕：移動ロボットのための確率的な自己位置推定と地図構築、ロボット学会誌 vol.29、No.5、423-426、(2011)
- 3) 原祥堯：ROS を用いた自律走行、ロボット学会誌 vol.35、No.4、286-290、(2017)

# 鑄造工場を対象とした生産シミュレータの開発\*

菊池 貴\*\*、長谷川 辰雄\*\*、堀田 昌宏\*\*

製造ラインの効率化を図るため、製造装置や搬送装置などの製造ラインにおける構成要素のモデル化と、それらを連結させたラインモデルを構築し生産シミュレータを開発した。これを鑄造工場に適用し、ボトルネックの調査を行い、その改善方法について検討した。その結果、搬送装置上に設置可能な砂型の個数不足と注湯時間の2つのボトルネックを特定し、これらを改善することにより、生産量を22.7%向上できることがシミュレーションにより明らかとなった。

**キーワード：**生産シミュレーション、待ち行列理論、鑄造工場、スマート工場

## Development of production simulator for foundry

KIKUCHI Takashi, HASEGAWA Tatsuo, HOTTA Masahito

**Key words :** Production simulation, Queuing theory, Foundry, Smart Factory

### 1 緒言

製造業における人手不足が課題となっており、IoT (Internet of Things) を活用した生産性の高い工場の実現が期待されている。これまで当センターでは、製造ライン監視システムを開発し、鑄造工場や電子基板製造工場、ワイヤ製造工場の製造ラインに適用し、その有効性について確認している<sup>1)</sup>。この製造ライン監視システムは、各製造装置にセンサを設置し各々の稼働状況を取得し可視化するものである。これにより、製造ラインにおける稼働率の低い製造装置を特定することが可能となった。しかし、製造ライン全体の効率化を考えた場合、各装置の稼働状況は前後の工程の進捗の影響を受けるため、個々の装置の稼働率だけに注目しても効率化の障壁となる要因(以下、「ボトルネック」という。)を特定することは困難であった。

製造ラインのボトルネック調査や最適化を行うためには、シミュレーションが用いられている<sup>2), 3)</sup>。シミュレーションは、実機を動作させずに性能や挙動を評価し、改善策を検討することができる。しかし、シミュレーションを行う生産シミュレータは一般に高額であり、使いこなすことが難しく、利用場面もライン設計時などに限られる<sup>4)</sup>ことから、普及が進んでいない。

そこで本研究では、安価で簡易なシミュレーションを実現するためにオペレーションズ・リサーチにおける待ち行列理論を応用し、材料である鑄鉄の移動状態に注目したシミュレータを開発し、鑄造工場への適用を行った。本報告では、製造ラインのモデル化、シミュレータの開発、および株式会社シグマ製作所一関工場(以下、「シグマ製作所」という。)におけるボトルネックの分析と改善

策について述べる。

### 2 シミュレータの開発

待ち行列理論は、不特定多数の客が特定のサービス施設を利用する際に生じる交雑現象を分析するための数理モデルである<sup>5)</sup>。これを鑄造工場の製造ラインに応用する。対象とした鑄造工場における作業工程の流れを図1に示す。製造ラインでは材料である鑄鉄が製造装置による加工や搬送装置による搬送といった工程を経て製品となる。そのため、鑄鉄が加工および搬送されるために必要な条件と時間に注目し、製造工程を要素毎に分解する。次に各工程における開始条件、終了条件、搬送量、搬送時間、加工時間といったパラメータを抽出し、そのパラメータに沿って振る舞う要素モデルを構築した。構築した要素モデルの一覧を表1に示す。また、主要な要素モデルの例として砂型造型機および搬送装置の振る舞いを表すフローチャートをそれぞれ図2、3に示す。砂型造型機は砂型の材料となる砂は常に十分な量が供給されると仮定したため、自動的に造型を開始する。造型した砂型は後工程に空きがあれば送り出されるが、空きが無い場合は工程内に留まり造型機は停止する。搬送装置は砂型や製品の移動に加えて、一時置場(以下、「バッファ」という。)としての役割を持っている。搬送装置はバッファに空きがある場合は前工程から材料を受入、後工程に空きが有る場合に送り出す。それ以外では停止する。

次に、表1に示す複数の要素モデルから成るラインモデルを構築し、材料が製品となるまでの一連の移動をモデル化した。ラインモデルは要素モデルの連結状態を表現しており、順序を変更することでラインの変更にも容

\* 令和2年度 技術シーズ創生研究事業 プロジェクトステージ

\*\* 電子情報システム部



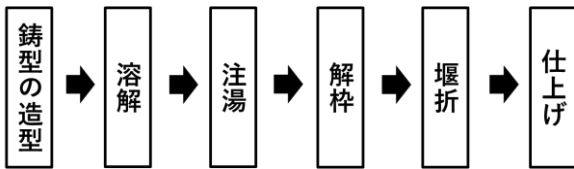


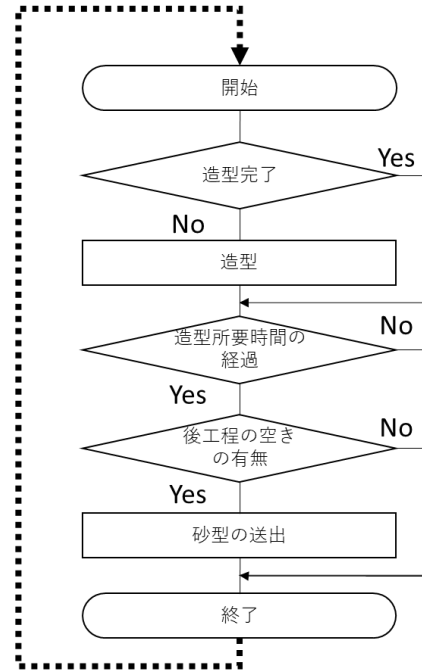
図1 製造工程の流れ

表1 要素モデル一覧

要素モデル	主なパラメータ	単位
砂型造型機	造型所要時間	分
	造型個数	個
電気炉	材料投入所要時間	分
	溶解量	Kg
	溶解時間	分
	出湯量	Kg
	出湯所要時間	分
搬送装置 A	1分当りの搬送個数	個
	バッファ量	個
搬送装置 B	1分当りの搬送個数	個
	バッファ量	個
	冷却所要時間	分
注湯作業	砂型への注湯量	Kg
	砂型への注湯所要時間	Kg
	注湯時の砂型の必要個数	個
堰折作業	1分当りの処理数	個
	バッファ量	個
製品置場	質量	kg
非製品置場	質量	Kg

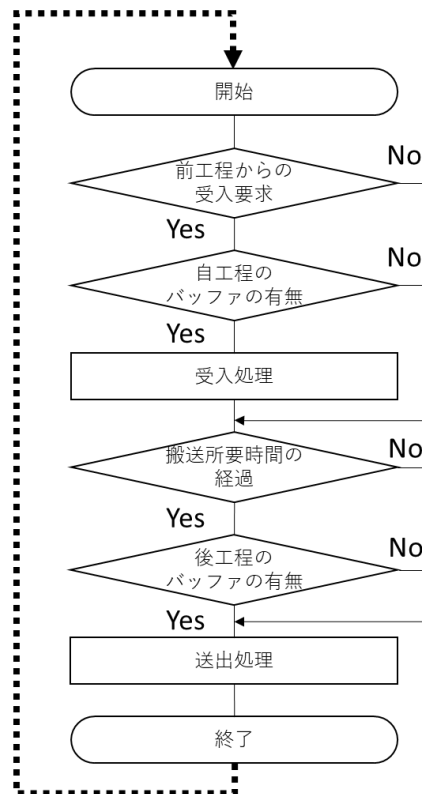
易に対応できる。図4にシグマ製作所を対象としたラインモデルを示す。3台の砂型造型機からそれぞれ砂型が送り出され、一定数貯まったら注湯が行われる。注湯後の砂型と製品は一定の冷却時間の後、解砕作業で砂型が除去され、次に堰折作業へ送られ、製品部分と湯道等の非製品部分に分離される。ここでの砂型造型機3台は各々異なる装置であり、造型できる砂型の種類や造形速度が異なる。しかし、注湯の際はこれら3種類の砂型に並行して注湯するため、効率良く注湯作業を行うためには3種類の砂型をバランスよく造型する必要がある。

シミュレーションでは時間を離散化し、各時刻における要素モデルの振る舞いを前後の工程の状態から決定する。そのため、砂型造型機や搬送装置は各時刻に1回、図2、図3に示すフローチャートに沿って振る舞いを決定し、材料である鑄鉄がラインモデル上のどの要素モデ



次の時刻に進んだら、再度開始から実行

図2 砂型造型機モデルのフローチャート



次の時刻に進んだら、再度開始から実行

図3 搬送装置モデルのフローチャート

ルにどれだけあるかを計算する。これを終了時刻まで繰り返し、生産量を計算する。

上述のモデルを基に実装したシミュレータの開発環境を表2に示す。有料のライブラリ等を用いていないため、生産シミュレータを安価に実現している。

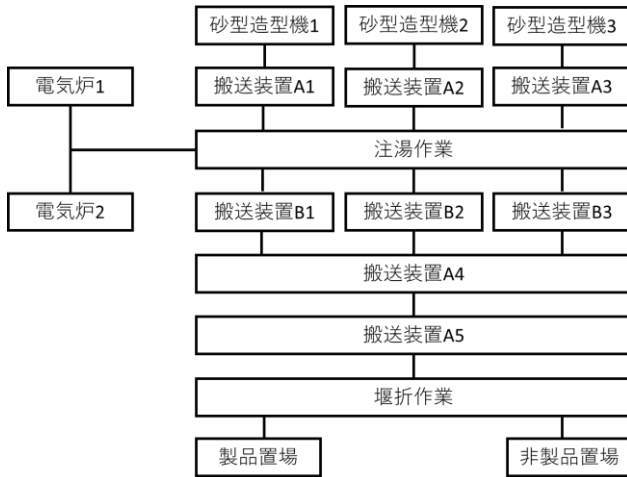


図4 鋳造工場のラインモデル

表2 開発環境

PC	Let`s Note CF-N10
OS	Windows 10
開発言語	C++
統合開発環境	Visual Studio 2012
描画用ライブラリ	OpenCV 2.4.5

### 3 シミュレーション

#### 3-1 シミュレーション条件および手順

シミュレーションに先立ち、製造ラインにおけるパラメータについて、シグマ製作所において聞き取り調査と計測を行った。計測した項目を表3に示す。

表3の各項目について初期値として計測値をそのまま用い、繁忙期の操業時間である15時間分のシミュレーションを実施した結果、総溶解量は22,000kgであった。次に、表3に示した項目のうち、生産量への影響があるものとして、砂型造型機1~3の造型所要時間、砂型造型機1~3の造型個数、搬送装置A1~3のバッファ量、注湯時間、について値を変えながらシミュレーションを繰り返し、各項目の値が総溶解量に対してどの程度影響するかを調査し、本製造ラインにおけるボトルネックの特定を行った。

#### 3-2 シミュレーション結果と考察

シミュレーションの結果、搬送装置A1のバッファ量と注湯時間の2つのボトルネックを特定した。1つ目のボトルネックである搬送装置A1について原因を考察した結果、砂型造型機1の造型速度は他の2台と同等であるが、砂型を一時的に置いておく搬送装置A1のバッファ量が少ないため、一定時間内に造形できる砂型の個数が他の造形機よりも少ないことを確認した。注湯作業では搬送装置A1、A2およびA3上にある3種類の砂型に同時並行で注湯するが、注湯終了後に搬送機A1上に残っている未注湯の砂型の数が他の2つよりも少なかった。その結果、次の注湯までに砂型造型機1が造型しなければならない砂型の数が砂型造型機2および3よりも多く

表3 シミュレーションのために計測した項目

項目	単位
砂型造型機1が扱う製品質量	kg
砂型造型機2が扱う製品質量	kg
砂型造型機3が扱う製品質量	kg
砂型造型機1が扱う非製品質量	kg
砂型造型機2が扱う非製品質量	kg
砂型造型機3が扱う非製品質量	kg
砂型造型機1の造型所要時間	分
砂型造型機2の造型所要時間	分
砂型造型機3の造型所要時間	分
砂型造型機1の造型個数	個
砂型造型機2の造型個数	個
砂型造型機3の造型個数	個
電気炉1の溶解量	kg
電気炉2の溶解量	kg
電気炉1の溶解時間	分
電気炉2の溶解時間	分
電気炉1の出湯量	kg
電気炉2の出湯量	kg
電気炉1の出湯所要時間	分
電気炉2の出湯所要時間	分
電気炉1の出湯待ち時間	分
電気炉2の出湯待ち時間	分
電気炉1の材料投入所要時間	分
電気炉2の材料投入所要時間	分
搬送装置A1のバッファ量	個
搬送装置A2のバッファ量	個
搬送装置A3のバッファ量	個
搬送装置A4のバッファ量	個
搬送装置A5のバッファ量	個
搬送装置B1のバッファ量	個
搬送装置B2のバッファ量	個
搬送装置B3のバッファ量	個
搬送装置A1の注湯開始条件	個
搬送装置A2の注湯開始条件	個
搬送装置A3の注湯開始条件	個
搬送装置A1の搬送速度	個/分
搬送装置A2の搬送速度	個/分
搬送装置A3の搬送速度	個/分
搬送装置A4の搬送速度	個/分
搬送装置A5の搬送速度	個/分
搬送装置B1の搬送速度	個/分
搬送装置B2の搬送速度	個/分
搬送装置B3の搬送速度	個/分
搬送装置A1の注湯量	kg
搬送装置A2の注湯量	kg
搬送装置A3の注湯量	kg
注湯時間	分
搬送装置B1上での冷却所要時間	分
搬送装置B2上での冷却所要時間	分
搬送装置B3上での冷却所要時間	分
1分当りの堰折処理量	個
堰折作業場のバッファ量	個

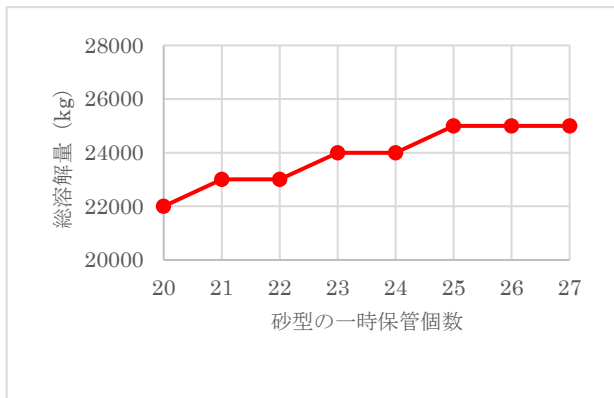


図5 搬送装置A1のバッファ量の増加による総溶解量の変化

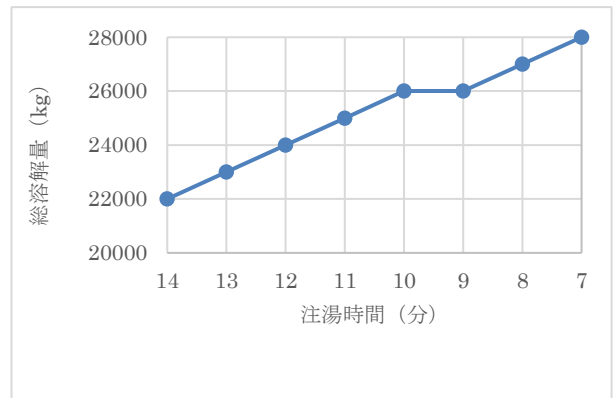


図6 溶解時間の短縮による総溶解量の変化

なるため、待ち時間が発生していた。そこで、搬送装置 A1 のバッファ量を増やした場合の総溶解量についてシミュレーションにより試算した。結果を図5に示す。バッファ量を従来の20個から25個に増やすと、総溶解量は22,000 kg から25,000 kg と13.6%の増加が見込まれる。これは、砂型造型機1の造型所要時間を半分短縮した場合と同等の効果であった。

次に2つ目のボトルネックである注湯時間の短縮について考察した。鋳造工場では電気炉の稼働状況が最も重視され、効率よく溶解と出湯を繰り返すことで生産量を最大化することを目指している。しかし、シグマ製作所では電気炉の容量に対して、溶湯を運ぶ取鍋の容量が小さいため注湯を2回に分割している。2回目の出湯が終われば即時に溶解作業に入れるが、1回目の注湯作業中は溶湯を保持していなければならない。この時、注湯時間を短縮できれば保持時間も削減できることから、注湯時間を短縮した場合の総溶解量について試算した結果を図6に示す。注湯時間を従来の14分から10分に短縮した場合、総溶解量は22,000 kg から26,000 kg と18.1%の増加が見込まれる。また、これら2つのボトルネックを同時に改善した場合の総溶解量について試算した結果を図7に示す。総溶解量は従来の22,000 kg から28,000 kg と22.7%の増加が見込まれる。

これらのシミュレーション結果を受け、シグマ製作所では、砂型造型機1と搬送装置 A1 の新機設備導入を予定している。注湯作業の短縮については工程変更の影響が大きいため今後の課題とする。

#### 4 結 言

本研究では、生産シミュレータを開発し、シグマ製作所の生産性向上におけるボトルネックの調査と対策について検討し、以下の成果を得た。

- (1) 材料である鋳鉄の移動に着目したモデルを構築し、鋳造工場における生産シミュレーションを実現した。
- (2) 生産シミュレーションに必要なパラメータ52項目について、製造現場での聞き取り調査と計測を行い

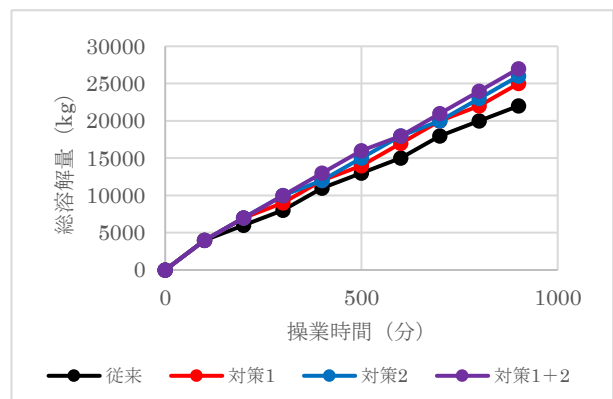


図7 搬送装置A1のバッファ量の増加および溶解時間の短縮による総溶解量の変化

取得した。

- (3) シミュレーションにより、搬送装置 A1 のバッファ量と注湯時間の2つのボトルネックを特定し、対策を行うことによって、総溶解量を最大で22.7%増加できることを試算した。

今後、シグマ製作所ではシミュレーション結果を受けて新規設備導入を予定しており、導入効果の測定についても本シミュレータを活用していく。また、実際の生産では、1日で数十種類の製品を製造しており、これをシミュレーションするためには膨大なパラメータを計測する必要がある。そのため、センサシステムや生産計画のデータとの連携が今後取り組むべき課題と考える。

#### 文 献

- 1) 菊池貴、高川貫仁、大和田功、寒川陽美：IoTを活用した製造ライン監視システムの開発、岩手県工業技術センター研究報告 第22号 (2019)
- 2) Yifei Tan, Wenhe Yang, Kohtaroh Yoshida and Soemon Takakuwa : Application of IoT-Aided Simulation to Manufacturing System in Cyber-Physical System, Machines, 7(1), 2 (2019)
- 3) 貝原俊也：IoT時代におけるシミュレーション技術を活用した生産システムの最適計画・運用手法、シミュレ



ーション、vol. 35、No. 4、p37-42 (2016)

4) 貝原俊也：生産ラインのシミュレーション、シミュレーション、vol. 33、No. 3、p13-18 (2014)

5) 逆瀬川浩孝：待ち行列現象のシミュレーション分析、オペレーションズ・リサーチ：経営の科学、59(4)、p198-204 (2014)

# 農業ハウス向けの低コストで高耐久な環境計測装置の開発\* —低価格帯の環境センサの耐久性評価—

菊池 貴\*\*、堀田 昌宏\*\*、紺野 亮\*\*

施設園芸における環境制御技術の普及のために、環境計測装置の低コスト化が求められている。そのためには採用する環境センサのコストダウンが必要であるが、低価格帯の環境センサは耐久性や精度が劣るものが少なくない。そこで、低価格帯の温度センサ、湿度センサおよびCO<sub>2</sub>濃度センサについて、恒温恒湿槽を用いた加速劣化試験と圃場でのフィールド評価実験を通して、測定精度の経時変化を評価し、施設園芸に適した環境センサを選定した。

**キーワード：施設園芸、環境計測、環境センサ、耐久性評価**

## Development of low-cost and high endurance environmental measurement equipment for greenhouse -Endurance evaluation of low-priced environmental sensors-

KIKUCHI Takashi, HOTTA Masahiro and KONNO Ryo

**Key words : greenhouse, environmental measurement, environmental sensor, endurance evaluation**

### 1 緒言

岩手県沿岸南部地域は狭隘で傾斜の多い地形のため小規模な農地が点在しており、小規模でも高収益が実現できる品目としてきゅうりの栽培が行われている。平成26年には販売額が1億円を越えるなど、同地域の野菜生産における主力品目に位置づけられているが、近年は栽培面積や生産量の減少が続き、平成29年度には販売額は7千万円程度まで落ち込んでおり、収量向上が求められている。

果菜類の増収技術として施設園芸における環境制御技術<sup>1),2)</sup>の導入が図られており、県内でも内陸を中心に関心が高まっている。環境制御では気温、日射量、CO<sub>2</sub>濃度、飽差などの複数の環境計測を行い、そのデータを基に設備を制御し生育に好適な環境を作り出す。しかし、農業現場は昼夜の温度差が大きく電子機器にとって過酷な環境であることから、使用できる環境センサが限られるため環境計測装置は一般に高額であり、小規模施設への導入の妨げとなっている。

近年では、環境センサの低価格化に伴い、低コストな環境計測装置が製品化されてきているが、使用している環境センサの耐久性や精度が考慮されていないものや、劣化が早く維持費が増加する事例がみられる。今後、小規模施設へ環境制御技術を導入し普及拡大していくためには、初期費用の低減と共に、十分な耐久性を持つ環境センサによる保守管理業務の軽減が求められる。

本研究では、低価格な環境計測装置を開発し、試作機の現地実証を行った。その中で当センターは環境計測装

置に搭載する低価格帯の温度、湿度およびCO<sub>2</sub>濃度センサの特性と耐久性について評価し、施設園芸に適した環境センサについて検討したので報告する。

### 2 温度センサの評価

#### 2-1 実験方法

ビニルハウス内は高温かつ高湿度であり、昼夜の温湿度差も大きく電子機器にとって過酷な環境である。このようなビニルハウス内環境において、長期間にわたって温度センサを運用した際の測定誤差の経時的な変化を評価するために、恒温恒湿槽を用いた加速劣化試験と特性評価実験を実施した。本実験で用いた恒温恒湿槽 Eyn-4HA-7 (IMV社)の温度制御範囲は、-70℃～+180℃、湿度制御範囲は20%Rh～98%Rh、温度変動幅は±0.5℃、湿度変動幅は±4%Rhである。

加速劣化試験では、ハウス内の昼夜の温湿度変化を再現するため、夜間を模した温度20℃かつ湿度95%Rhの低温環境と昼間を模した温度30℃かつ湿度70%Rhの高温環境を設定し、図1に示すように変化させた。この温湿度変化を1サイクルとして、3年間に相当する1080サイクルを実施した。

特性評価実験では、温度センサを各5個用い、0、10、20、30、40℃の5条件について、それぞれ10回測定し50個のデータを取得し、最大誤差とばらつきについて比較した。この時、湿度は制御しなかった。

実験に用いた温度センサの種類と仕様を表1に示す。

\* 平成30年度～令和2年度 食料生産地域再生のための先端技術展開事業のうち現地実証研究委託事業

\*\* 電子情報システム部

低価格帯の温度センサはサーミスタと呼ばれる半導体を使ったものが主流であり、温度によって抵抗値が変化す

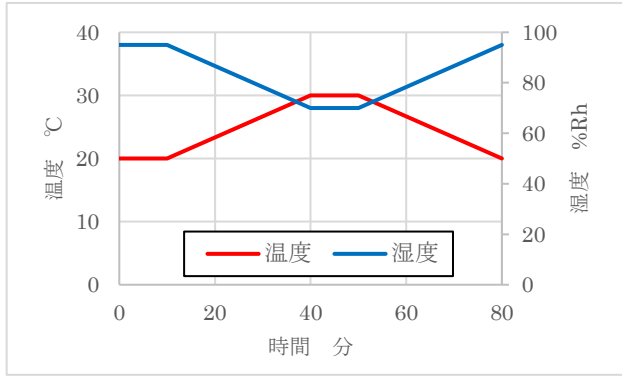


図 1 加速劣化試験の条件

表 1 試験対象の温度センサー一覧

	センサ A (S 社)	センサ D (M 社)	センサ S (Se 社)	センサ U (U 社)
方式	アナログ	デジタル 1-Wire	デジタル I2C	デジタル 1-Wire
測定範囲	-50 ~90°C	-55 ~125°C	-40 ~125°C	0 ~55°C
測定精度	-1.39~ 0.62°C  (-50~ 90°C)	±0.5°C  (-10~ 85°C)	±0.1°C  (-20~ 60°C)	記載なし
保護方法	樹脂封止	ステンレ ス管封止	露出	露出
温湿度 一体	—	—	○	○
購入価格	100 円	2,000 円	2,500 円	2,500 円

る特性を利用している。温度センサは耐候性を考慮し、センサヘッド部を樹脂やステンレス管で保護するものが一般的である。また、近年では温度センサと湿度センサを一体化した製品も増えており、センサの小型化や低価格化に有効であるが、湿度センサの原理上センサヘッドの保護が困難であり、温度センサも封止されず露出している。これらの特徴を踏まえ、本実験では4つのセンサを選定した。センサAはアナログ式でセンサヘッド部を樹脂で封止している。センサDはデジタル式であり、センサヘッド部をステンレス管で封止している。センサSおよびセンサUはデジタル式であり、温度センサと湿度センサが一体化したものであるため、前述のとおりセンサヘッド部は封止されず露出している。

## 2-2 実験結果及び考察

加速劣化試験前後の特性評価実験の結果を図2に示す。図2では測定温度5条件それぞれにおける測定値のばらつきを箱ひげ図で表している。最初に各センサの最大誤差について比較を行った。センサAは加速劣化試験前後いずれにおいても最大誤差が最も大きく、試験前が設定温度 0 °C のときで 4.6 °C、試験後が設定温度

10 °C のときで 4.2 °C であった。一方、センサDは加速劣化試験前後とも最大誤差が最も小さく試験前が設定温度 10 °C のときで 1.0 °C、試験後が設定温度 30 °C のときで 1.6 °C であった。センサSの最大誤差は、試験前が設定温度 0 °C のときで 1.6 °C、試験後が設定温度 30 °C のときで 2.2 °C、センサUの最大誤差は、試験前が設定温度 40 °C のときで -1.2 °C、試験後が設定温度 30 °C および 40 °C のときで 2.1 °C であった。

また、測定値のばらつきについて比較した結果、センサAはばらつきも最も大きく、試験前が設定温度 0 °C のときで 1.2 °C、試験後が設定温度 20 °C のときで 1.8 °C であった。一方、センサDはばらつきも最も小さく、試験前が設定温度 0 °C のときで 1.0 °C、試験後が設定温度 20 °C のときで 0.5 °C であった。センサSは試験前が設定温度 0 °C のときで 1.0 °C、試験後が設定温度 20 °C のときで 0.7 °C、センサUは試験前が設定温度 40 °C のときで 1.2 °C、試験後が設定温度 40 °C のときで 0.9 °C であり、いずれもセンサDと同程度に抑えられていた。

次に加速劣化試験前後の測定値の傾向を比較した。図2 (b)~(e)から、センサD、センサS、センサUは経時的に測定値が高くなっていく傾向を確認したが、センサDおよびセンサSは増加が 0.6 °C 以下であった。

これらの結果から、温度センサはセンサDおよびセンサSが今回の加速劣化試験による性能低下が少なく、3年間の安定した測定が見込まれることから有望と考えた。測定精度については環境制御で求められる温度精度は±1 °C 程度と言われており、センサDおよびセンサSは初期校正を行うことで実用的な値が得られると考えられる。また、この2つのセンサはいずれもデジタル方式であり、内蔵された測定回路や補正式により誤差が抑えられていると考えられる。一方、アナログ式のセンサを使用する際は、測定回路や補正式は独自に付加する必要がある。本実験で使用したセンサAはデータシートを元に検量線を作成したが、誤差が大きかったことから個体差の影響も考慮し、実測値に基づく補正式の作成が必要である。

## 3 湿度センサの評価

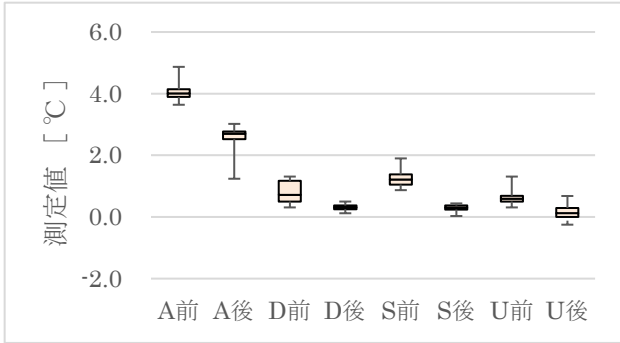
### 3-1 実験方法

前述の温度センサと同様に湿度センサについても加速劣化試験と特性評価実験を実施した。加速劣化試験については前述の温度センサの場合と同様に実施した。

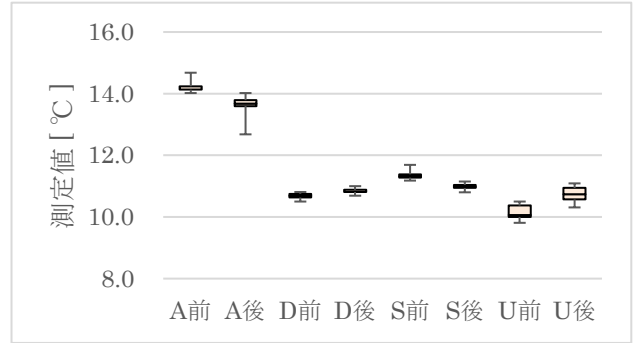
特性評価実験では温度を 25 °C で一定とし、40、50、60、70、80、90 %Rh の6条件について、温度センサの場合と同様の個数および手順で、それぞれ 50 個のデータを取得し、同様に最大誤差とばらつきを比較した。実験に使用したセンサの種類と仕様を表2に示す。センサHはアナログ式であり、センサSとセンサUはデジタル式

である。また、センサSとセンサUは温度センサと湿度センサが一体化したもので前述の表1に記載したものと

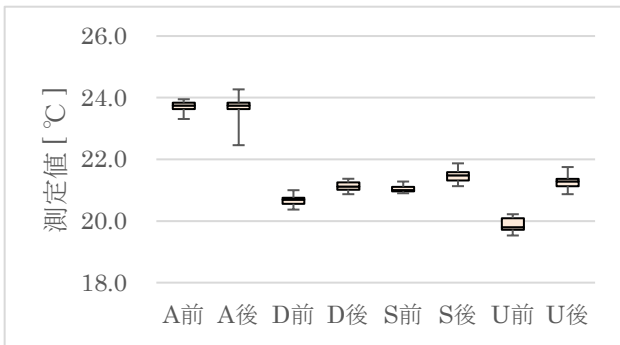
-6.0 %Rh であった。加速劣化試験後に最も誤差が大きかったのはセンサHであり試験前が設定湿度 40 %Rh の



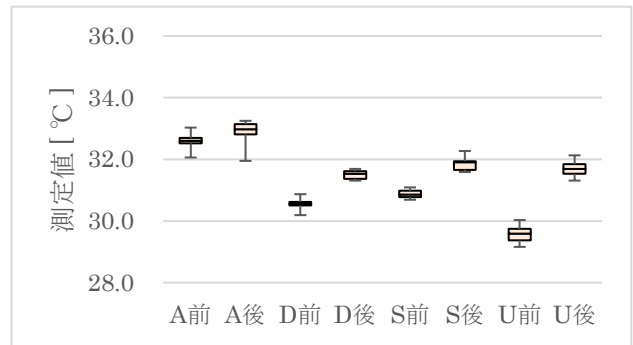
(a) 設定温度 0 °C



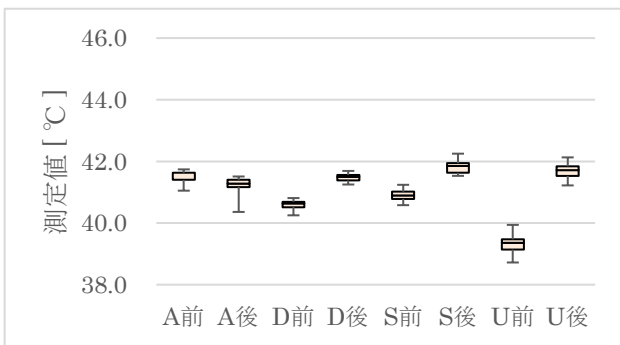
(b) 設定温度 10 °C



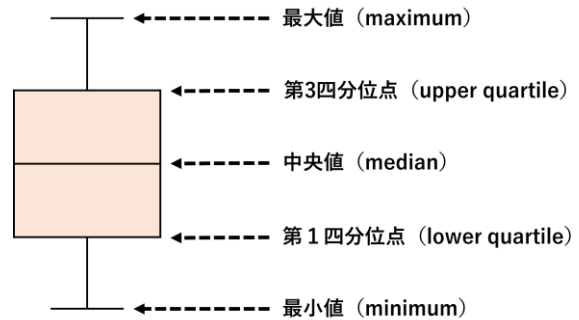
(c) 設定温度 20 °C



(d) 設定温度 30 °C



(e) 設定温度 40 °C



箱ひげ図が表す値

図2 加速劣化試験による温度センサの測定値のばらつきの変化

(図中の横軸のアルファベットはセンサ名、前と後はそれぞれ加速劣化試験前と加速劣化試験後を表す)

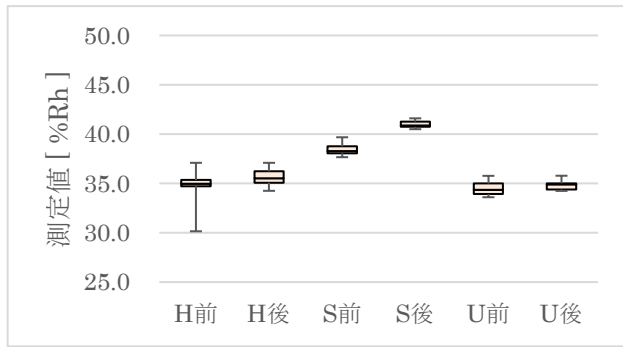
同一である。低価格帯の湿度センサは、乾湿性高分子材料に水分が吸着すると、抵抗値や静電容量が変化する特性を利用している。そのため、粉塵や結露に由来する異物等が高分子材料に付着すると測定誤差が増大する。そのため、湿度センサの測定値は経時的に高くなっていくことが予想される。

### 3-2 実験結果及び考察

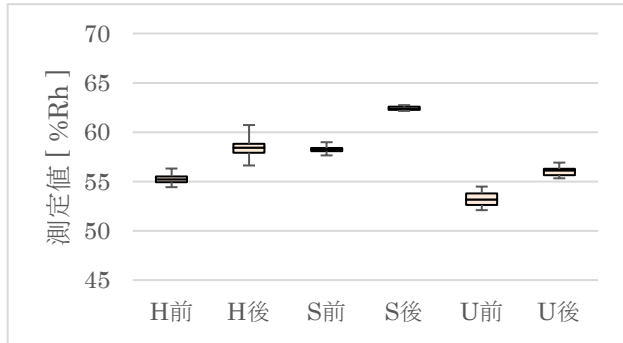
加速劣化試験前後の特性評価実験の結果を図3に示す。最初に各センサの最大誤差について比較した。加速劣化試験前で最も誤差が大きかったのはセンサUであり、試験前の最大誤差が設定湿度 90 %Rh のときで -10.4 %Rh、試験後が設定湿度 90 %Rh のときで

表2 試験対象の湿度センサー一覧

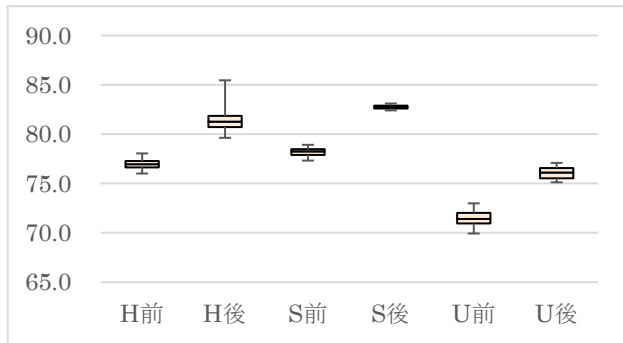
	センサH (H社)	センサS (S社)	センサU (U社)
通信方式	アナログ	デジタル I2C	デジタル 1-Wire
測定範囲	0~100%Rh	0~100%Rh	10~95%Rh
測定精度	±3.5%Rh	±1.5%Rh (0~80%Rh)	記載なし
温湿度 一体	—	○	○
備考	—	表1センサS と同一	表1センサU と同一
購入価格	2,500円	2,500円	2,500円



(a) 設定湿度 40 %Rh

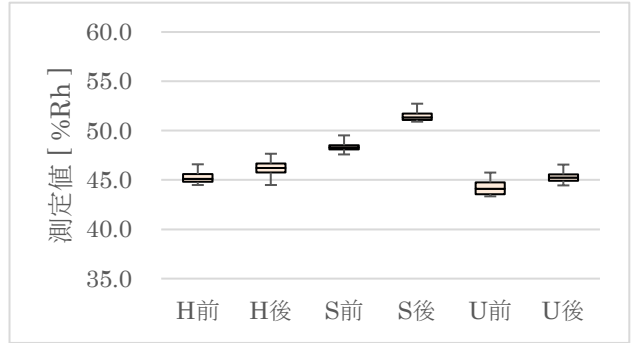


(c) 設定湿度 60 %Rh



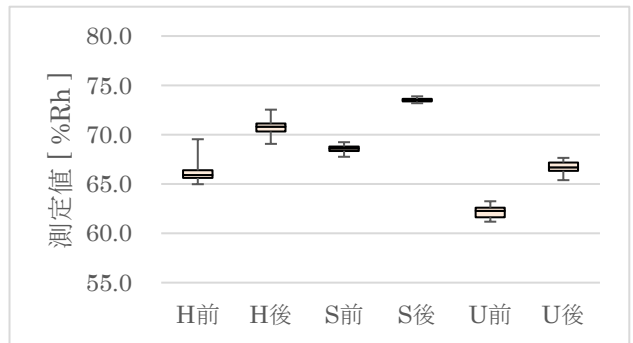
(e) 設定湿度 80 %Rh

また、センサUのばらつきは、試験前が設定湿度 90 %Rh のときで 3.21 %Rh、試験後も設定湿度 90 %Rh のとき



(b) 設定湿度 50 %Rh

(a)



(d) 設定湿度 70 %Rh

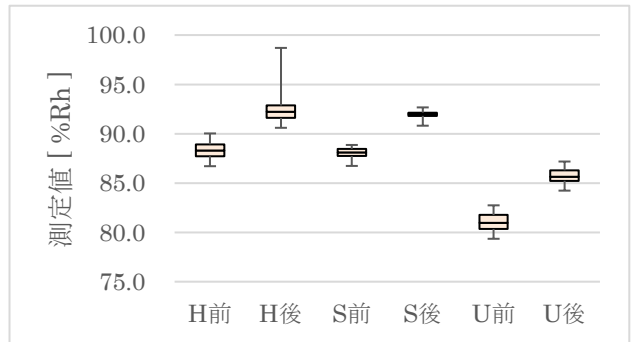


図3 加速劣化試験による湿度センサの測定値のばらつきの変化

(図中の横軸のアルファベットはセンサ名、前と後はそれぞれ加速試験前と加速試験後を表す)

ときで -9.8 %Rh、試験後が設定湿度 90 %Rh のときで 8.7 %Rh であった。最も誤差が小さかったのはセンサ S であり、最大誤差は試験前で設定湿度 90 %Rh のときで -2.9 %Rh、試験後は設定湿度 70 %Rh のときで 3.8 %Rh であった。

また、測定値のばらつきについて比較した結果、試験前後いずれにおいてもばらつきが最も大きかったのは、センサ H であり、試験前が設定湿度 90 %Rh のときで 7.2 %Rh、試験後が設定湿度 90 %Rh のときで 11.3 %Rh であった。ばらつきが最も小さかったのではセンサ S であり、試験前が設定湿度 40 %Rh のときで 2.0 %Rh、試験後が設定湿度 40 %Rh のときで 1.2 %Rh であった。

で 3.26 %Rh と大きな変化は無かった。

次に、加速劣化試験前後の測定値の傾向を比較した。3つのセンサいずれも経時的に測定値が高くなっていく傾向を確認した。また、センサ H は経時的に湿度のばらつきが大きくなっていく傾向があり図 3 (e)、(f) から高湿度の場合、ばらつきの増加が顕著であった。一方、センサ S はばらつきが減少する傾向があり、センサ U は経時的な変化は小さかった。

これらの結果から、湿度センサはセンサ S が今回の加速劣化試験による性能低下が少なく、3年間の安定した測定が見込まれることから有望と考えた。センサ S およびセンサ U はいずれもデジタルセンサであるため、湿度センサと同様に補正された値が取得できていると考え

られる。また、センサUは最大誤差が大きい傾向がある

表3 試験対象のCO<sub>2</sub>濃度センサー一覧

	センサB (E社)	センサD2 (E社)	センサI (Mu社)
通信方式	アナログ/ デジタルUART	アナログ/ デジタルUART	アナログ
測定範囲	0~2000ppm	0~5000ppm	0~2000ppm
測定精度	±30ppm±3%	±30ppm±3%	±50ppm±5%
購入価格	20,000円	30,000円	30,000円

が、試験前の誤差が元々大きく、経時的な変化が小さいことから、初期校正を行うことで実用に耐えるものと考えられる。

## 4 CO<sub>2</sub>濃度センサの評価

### 4-1 実験方法

CO<sub>2</sub>濃度センサについては、CO<sub>2</sub>ガス濃度を制御することが困難であったため、実際の農業用ハウス内でCO<sub>2</sub>濃度計測機であるVaisala社のGMD20（以下、「基準器」という。）との比較により評価を行った。基準器の測定範囲は0~2,000ppm、測定精度は±（測定範囲2% + 指示値の2%）である。実験期間は2020年8月9日から11月26日までの109日間であり、表3に示した3つのセンサを用いた。

### 4-2 実験結果及び考察

実験開始後2~3日目の計測結果を図4に示す。センサBおよびセンサD2の測定値が短期間で大きく変動していることを確認した。一方、センサIは基準器と同様に変動が小さいことを確認した。これは、センサBおよびセンサD2は計測の瞬間の値をそのまま出力しており、一方基準器およびセンサIは一定時間内の計測値を平均化した値を出力しているものと考えられる。よって、センサBとセンサD2についても同様の平均化処理を行うことで、測定値の変動を抑えることが可能と考える。そこで今回は、センサBおよびセンサD2については直近の計測値5点を用いた移動平均を求め、基準器およびセンサIと比較した結果を図5に示す。センサIが基準器に対して最も誤差が小さいが、センサBおよびセンサD2もグラフの増減傾向そのものは類似していることを確認した。次に、増減傾向が類似している点に注目し、基準器との測定誤差からオフセット値を求め、一点補正を行うことで基準器と同様の測定値が得られると考えた。そこで今回は、測定開始直後に取得した計測値10点の平均からオフセット値を求め、一点補正した結果を図6および図7に示す。図6から実験開始直後は移動平均と一点補正を行うことで、センサBとセンサD2共に基準器と同様の測定結果が得られているが、図7から実験後期ではセンサD2の測定値が高くなる傾向を確認した。図6および図7に示す期間における各センサの基準器に対する平均誤差を図8、最大誤差を図9に示す。実験開始

直後は3つのセンサの平均誤差と最大誤差は同程度であ

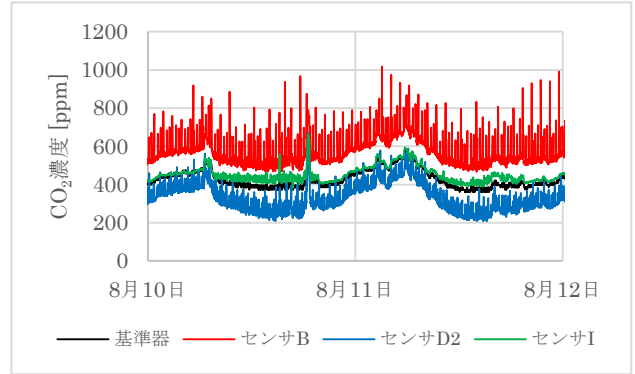


図4 CO<sub>2</sub>濃度センサの測定値

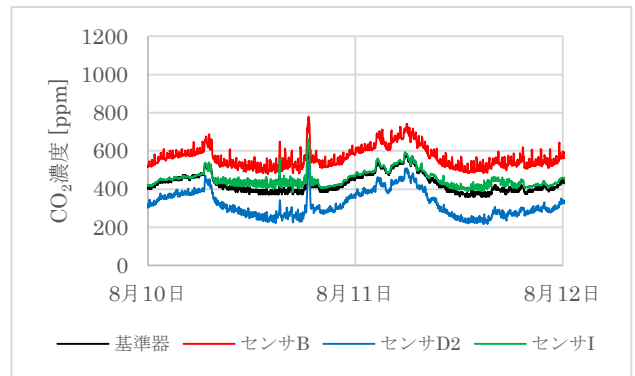


図5 センサBおよびセンサD2について移動平均を適用した結果

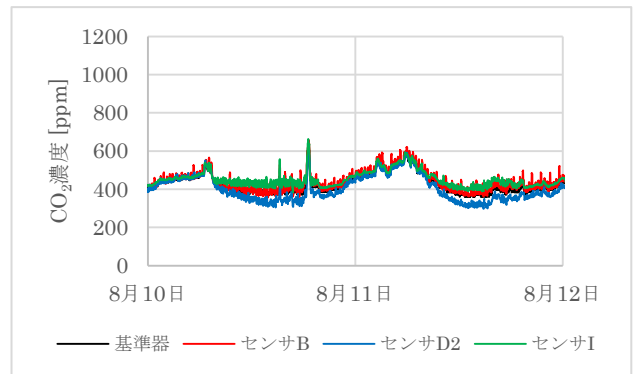


図6 センサBおよびセンサD2について移動平均および一点補正を適用した結果（実験開始後2~3日）

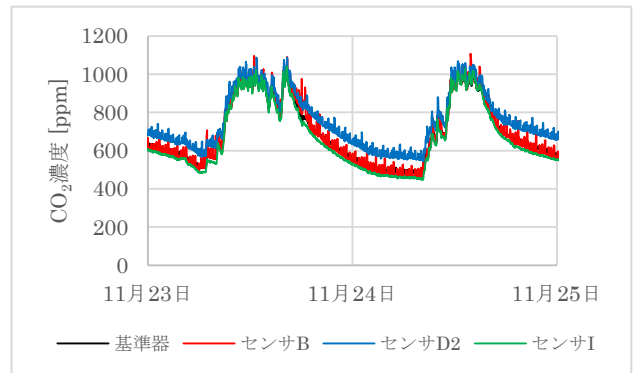


図7 センサBおよびセンサD2について移動平均および一点補正を適用した結果（実験開始後107~108日）



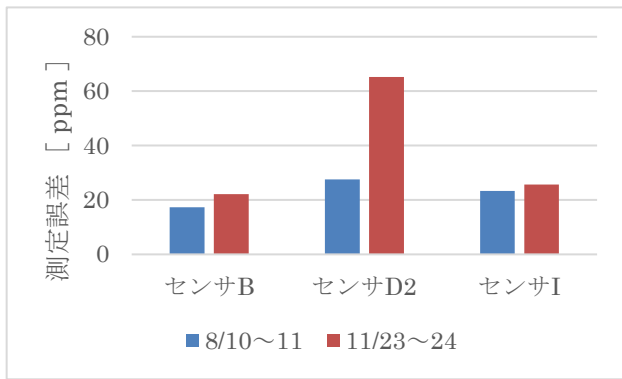


図8 CO<sub>2</sub>濃度センサの平均誤差の比較

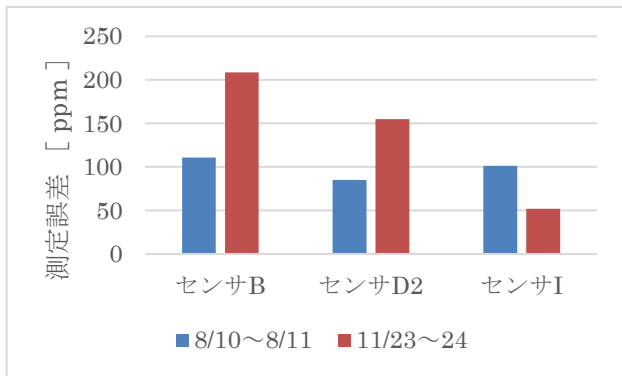


図9 CO<sub>2</sub>濃度センサの最大誤差の比較

ったが、測定後期においてはセンサD2が平均誤差、最大誤差いずれも増加していることを確認した。また、センサBは平均誤差は抑えられていたが最大誤差が大きく増加することを確認した。本実験ではセンサBとセンサD2については移動平均と一点補正といった後処理を付加したが、誤差低減のためにパラメータの調整および加重移動平均などの異なる後処理方法についても今後検討する。これらの結果から、CO<sub>2</sub>濃度センサはセンサIが有望と考えた。センサBとセンサD2は前述のとおり、後処理方法の検討が必要と考える。

今回用いたCO<sub>2</sub>濃度センサはいずれもNDIR（非分散型赤外）方式であるため、センサ内に直接雰囲気を取り込む必要がある。そのため、粉塵の混入や結露などにより異物が光源や受光部に付着し測定誤差が増大し計測値が高くなっていくと考えられる。本実験ではセンサD2が誤差の増大が顕著であったが、雰囲気を取り込み方法や

センサ部の密閉方法の違いによるものと考えられる。また、低価格帯のCO<sub>2</sub>濃度センサは個体差が大きい傾向があり、実装上の品質のばらつきも考えられる。そのため、低価格帯のCO<sub>2</sub>濃度センサを用いる際は、初期特性の把握と定期的な校正を行うなど留意することが必要である。

## 5 結 言

本研究では、恒温恒湿槽を用いた加速劣化試験とフィールド実験により、低価格帯の温度センサ、湿度センサおよびCO<sub>2</sub>濃度センサの測定精度の経時的な変化について評価し、以下の知見を得た。

- 1) 温度センサについて、最大誤差とばらつきについて比較評価を行い、センサDとセンサSを選定した。加速劣化試験後の最大誤差はセンサDが1.6℃、センサSが2.2℃、ばらつきはセンサDが0.5℃、センサSが0.7℃であった。
- 2) 湿度センサについて、最大誤差とばらつきについて、比較評価を行い、センサSを選定した。加速劣化試験後の最大誤差が3.8%Rh、ばらつきが1.2%Rhであった。また、センサUについては、初期校正を行うことで実用的な値が得られると考えられる。
- 3) CO<sub>2</sub>濃度センサについて、基準器に対する平均誤差と最大誤差について比較評価を行い、センサIを選定した。実験開始後107~108日目における平均誤差が25.6ppm、最大誤差が52.0ppmであった。また、センサBおよびセンサD2については平均化処理や一点補正等の後処理を付加する必要がある。

本研究の成果について、関係機関との協力のもと安価なセンサを搭載した環境計測装置の製品化および事業化を予定している。導入コストについては従来製品の6割程度に低減できる見込みである。

## 文 献

- 1) 星岳彦、安場健一郎、黒崎秀仁：日本の施設園芸とユビキタス環境制御システムの現状と展望、植物環境工学、28巻、4号、p163-171（2016）
- 2) 安場健一郎、黒崎秀仁、高市益行、鈴木克己：ユビキタス環境制御システム通信実用規約に基づいた施設園芸用管理ソフトウェアの開発、野菜茶業研究所研究報告、11号、p.63-72（2012）

# 可搬式長大寸法測定器用長さ標準器の開発\*

和合 健\*\*、生内 智\*\*、磯部 和夫\*\*\*

独自に開発した可搬式長大寸法測定器の校正で用いる長さ標準器の製作を行った。長さ標準器の種別は端度器として、端度測定部は SUS303 材、軽量化のために筐体は CFRP による構成、測定長さは 850mm とした。製作した長さ標準器の質量は 1021g で作業性が高く、さらに線膨張係数はメーカーが示す  $0.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  であることを検証、確認した。そして標準値を値付けした結果、20℃で 850.592mm  $\pm 0.002\text{mm}$  ( $2\sigma$ ) が得られた。

**キーワード：**端度器、炭素繊維強化プラスチック、線膨張係数、標準値、可搬式長大寸法測定器

## Development of Size Standard Gauge for Relocatable Long Size Measuring Instrument

WAGO Takeshi, OBONAI Tomo, ISOBE Kazuo

**Key words :** End gauge, CFRP, Coefficient of thermal expansion, Standard value, Relocatable Long Size Measuring Instrument

### 1 はじめに

半導体装置筐体などの大型製品の寸法測定には、長さ 3000mm において公差  $\pm 0.2\text{mm}$  の要求がある。しかし、汎用的な三次元測定機（以下、CMM<sup>1)</sup>）では測定範囲の問題があり対応できない。そこで筆者らは、一軸方向の長さ測定でこの測定要求を満足した独自の可搬式長大寸法測定器（以下、WASUM）を開発した<sup>2)</sup>。しかし、WASUM の実用化を進めるためには、使用者が校正で用いる長さ標準器が必要となる。

そこで本研究では、可搬性を有する長さ標準器の性能として必要な軽量性、高剛性、低熱膨張性および防錆性などを満足する長さ標準器の開発を目指した。

### 2 既存の標準器での検証

#### 2-1 実験方法

WASUM に適した長さ標準器を設計するために、既存の標準器を利用して測定実験を行い、要求される標準器の設計仕様を検証した。使用した標準器は有限会社アイエス・エンジニアリング製の樹脂製棒状端度器（以下、Resin Bar Gauge : RBG）であり図 1 に示す。この標準器の端度測定部の材質は樹脂（MC ナイロン、MC901）で、その表面はフライス加工仕上げの平滑な面である。そして棒状筐体は CFRP（炭素繊維強化プラスチック）製であり、これらは表 1 のような材料特性を有している。この標準器を使用して図 2 の（ア）接触式 CMM（UPMC550-CARAT）、（イ）トラッカー式座標測定機、接触式プローブ（T-POINT）、（ウ）トラッカー式座標測定機、非接触式プローブ（TSCAN

CS+）、（エ）WASUM の 4 機種で長さ測定を行い、誤差を比較した。RBG の寸法位置は、（エ）WASUM でのプロービング誤差を低減するため、一方向プロービングで行える図 1 で示した寸法位置とした。装置の型式と指示誤差を表 2 に示す。ここで、（イ）と（ウ）の指示誤差はトラッカ一部の追跡精度でありプロービング誤差を含まない。

まず、（ア）の測定誤差を求めるために、長さ 1000mm のブロックゲージ（以下、GB1000）を測定した結果を表 3 に示す。使用した GB1000 の中央寸法<sup>4)</sup>の校正値は  $-0.15 \mu\text{m}$  であり、十分に小さく無視できる。GB1000 の標準値は 1000mm とすると、測定値の平均値は 1000.0018mm となり、標準値 1000mm を差分すると誤差は  $+0.0018\text{mm}$  となった。接触式 CMM メーカーの示す指示誤差は  $E = \pm 0.7 + L/600 \mu\text{m}$  であることから、測定長さ  $L=1000$  では  $E = \pm 0.0024\text{mm}$  となる。その結果、誤差が指示誤差を下回り（ア）接触式 CMM の現状精度が確認された。

次に 4 機種で RBG を測定して結果を比較した。4 機種

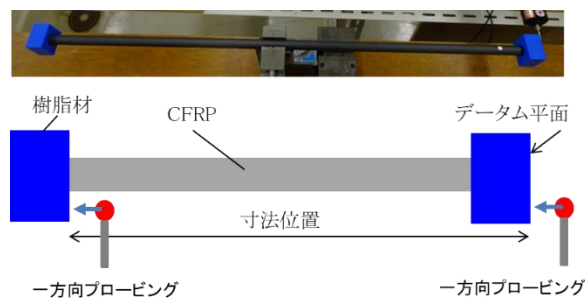


図 1 樹脂製棒状端度器 (RBG)

\* 令和 2 年度 技術シーズ創生研究事業 育成ステージ

\*\* 素形材プロセス技術部

\*\*\* 有限会社アイエス・エンジニアリング



表1 樹脂製棒状端度器の主な特性

棒状筐体 <sup>3)</sup>	
型式, メーカー	CCM-190C, 日本カーボン(株)
曲げ強度	160 MPa
線膨張係数	(軸方向) $0.2 \times 10^{-6} /K$
	(径方向) $5.7 \times 10^{-6} /K$
端度測定部	
材質	MCナイロン, MC901
線膨張係数	$90 \times 10^{-6} /K$



(ア) UPMC850-CARAT

(イ) T-POINT



(ウ) TSCAN CS+

(エ) WASUM

図2 標準器の検証に用いた4種類の測定器

表2 各装置の指示誤差

記号	型式	メーカー	指示誤差(μm)	E μm, L=1000mm
(ア)	UPMC850-CARAT	Carl Zeiss	$E=0.7+L/600$	2.4
(イ)	T-POINT	Carl Zeiss	$E=0.05+0.05 \times L/1000$	100.0
(ウ)	TSCAN CS+	Carl Zeiss	$E=0.05+0.05 \times L/1000$	100.0
(エ)	WASUM	開発器	$\pm 60 (2\sigma, L=3000\text{mm})$	$\leq 60.0$

表3 (ア) 接触式CMMによるGB1000の測定結果

mm			
No.	端面1: p	端面2: q	q-p
1	-0.0004	1000.0014	1000.0018
2	-0.0002	1000.0013	1000.0015
3	-0.0006	1000.0014	1000.0020
4	-0.0004	1000.0013	1000.0017
5	-0.0006	1000.0016	1000.0022
6	-0.0001	1000.0015	1000.0016
Average	-	-	1000.0018

での測定値は、各機種での使用前校正後の補正された値である。測定方法は図1の右側の端度平面で平面測定をして空間軸かつX軸ゼロ点を設定し、対の端度平面までの寸法を繰り返し3回測定し、平均値を測定値とした。

表4 RBGを各装置で測定した時の誤差

mm				
記号	Device	Value: s	Nom: t	誤差: s-t
(ア)	UPMC850: Nom	1001.1160	1001.1160	0
(イ)	T-POINT	1001.0681	1001.1160	-0.0479
(ウ)	TSCAN CS+	1000.6198	1001.1160	-0.4962
(エ)	WASUM	1001.1485	1001.1160	0.0325

2-2 結果及び考察

表4に(ア)の値を参照値とした場合の他3機種の差を示す。これより、装置の測定誤差は(イ)が-0.0479mm、(ウ)が-0.4962mm、(エ)が0.0325mmとなった。(ウ)の非接触式プローブで誤差が大きいのは、測定物表面の光学特性によりプロービング誤差が発生しているためと推測された。この標準器は、筐体に棒状のCFRPを利用することで軽量化が図られ、作業性が良好であった。そこで今後開発する標準器も筐体にCFRPを活用し設計した。

3 WASUM用長さ標準器の設計及び試作

3-1 標準器の設計

図3には、RBGを基にWASUM用長さ標準器として設計した棒状端度器(以下、Cube Bar 850: CB850)の図面、図4に全景、図5に端度測定部を示す。開発した本標準器の端度測定部は、可搬式に対応するための剛性と耐食性を有し快削性もあるSUS303材とし、基準面は研削加工により表面粗さRz 6.3 μm、直角度0.005mm(L=30mm)とした。また端度測定部の形状は測定面を明確にするためにL字状とし、先端に凸形状を設けることで測定位置の目安とした。なお、本標準器の基準長さは850mmとし

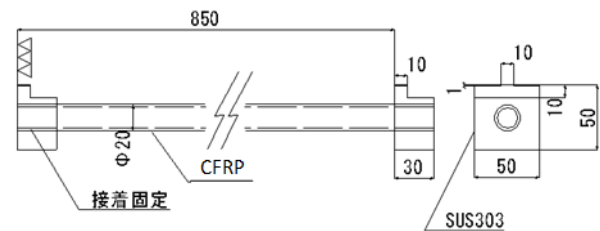


図3 CB850の図面



図4 CB850の全景



図5 左右の端度測定部

た。その理由は、所内で保有するCMM(メーカー:ミットヨ、型式:CRT-AC776- TP200、以下、CMM\_TP200)で測定可能な長さとしたためである。

### 3-2 寸法精度

開発した標準器をCMM\_TP200で測定した結果、両端の端度測定部の形状精度は、左側端度部の測定端面をデータムとした場合、右側端度部の直角度が垂直方向で0.002mm(L=50mm)、水平方向で0.041mm(L=50mm)であった。平面度は0.001mm(□20mm)、表面粗さはRz 2.28 μmであった。端度測定部(SUS303材)と筐体(CFRP材)の接合方法は、接着剤塗布後に定盤上に静置させ、水平方向は直定規にならって接着固定した。この接着固定方法では、直角度は水平方向で0.041mm(L=50mm)となり、垂直方向と比較して誤差が大きくなった。しかし、水平方向では測定範囲を□10mmの範囲に限定すれば直角度0.0082mm(L=10mm)となり、使用者校正する測定器の精度に十分対応できると判断した。

### 3-3 機械剛性

次にCB850の機械剛性について、既存の長尺ブロックゲージ(以下、Long\_GB)と比較して検証した。Long\_GBの断面寸法は横35×高さ10mmの姿勢、長さ850mm、材質の密度は鉄7.86 g/cm<sup>3</sup>、保持形態は両端点支持、荷重方法は梁の中心に5 Nを鉛直下方に点荷重として中心部のたわみ量を理論計算した結果、0.269mmと算出された。CB850は同様の支持及び荷重方法として、たわみ量を測定した結果、0.117mmとなった。これより、CB850の機械剛性は、対Long\_GBの比較では2.3倍(0.269/0.117)となった。

### 3-4 質量

CB850の質量は電子天秤による測定から1021gが得られた。これは長さ600mmのステップゲージ、例えばミットヨ製515-722の質量14 kgと比較すると、約14分の1の質量となり可搬性や作業性に有効と考えられた。

### 3-5 線膨張係数の測定

#### 3-5-1 実験方法

長さ測定はJIS規格<sup>4)</sup>にて20°Cで測定することが規定されており、20°Cからの温度差による測定物の膨張分は補正により取り除く必要がある。そこで開発した標準器のCTE(Coefficient of thermal expansion:線膨張係数)を実験により求めた。CTEは、12.7°Cと20.5°Cの2つの温度でCB850の長さ測定をして、温度差と膨張長さからCTEを算出した。通常、測定機は温度管理がなされた20°Cの部屋に設置されており、高精度な測定機を12°Cの環境下に置くことは現実的ではない。測定物を一旦12°Cの環境下に置いて、その後20°Cの部屋に移動させる方法は、異なる温度下の空間で測定物を持ち運び、時間の経過もある中で、測定時に12°Cのままで保たれるかの疑念も残る。物体表面温度計で測定時瞬間の温度を測定したとしても内部温度までは分からない。

そこで測定方法は、12°Cと20°Cの温度環境下に測定機

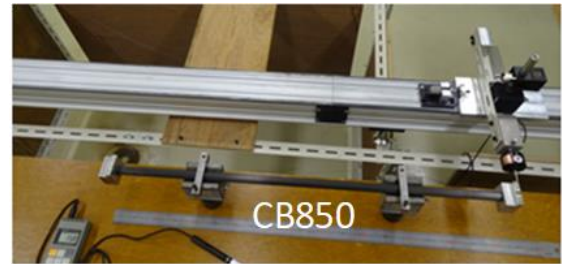


図6 WASUMを用いたCB850の長さ測定(室温12.7°C)

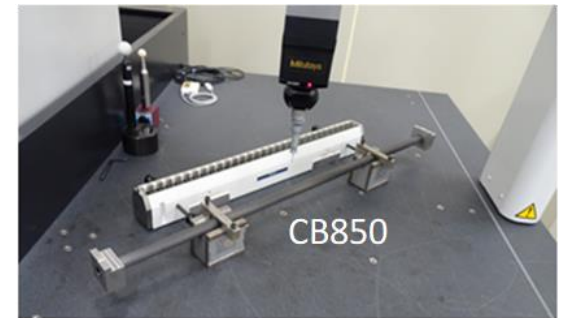


図7 CMM(CRT-AC776-TP200)を用いたCB850の長さ測定(室温20.5°C)

表5 測定結果

No.	n (回)	σ (mm)	補正後平均値 (mm)	温度 (°C)
1	5	0.0073	850.6049 :L <sub>1</sub>	12.7 :T <sub>1</sub>
2	12	0.0010	850.5925 :L <sub>2</sub>	20.5 :T <sub>2</sub>
-	-	-	-0.0124 :L <sub>2</sub> -L <sub>1</sub>	7.8 :T <sub>2</sub> -T <sub>1</sub>

を設置し、測定物をその雰囲気にならしてその温度下で長さ測定を行う方法とした。12°Cの温度域では図6のWASUMを、20°Cの温度域では図7のCMM\_TP200を使用し、長さ測定を行った。そして、それぞれブロックゲージ、ステップゲージ(515-722、ミットヨ)との比較測定により温度補正をして、最終的なCB850の長さの測定値を求めた。CMMの指示誤差はE=1.9+3L/1000 μm、温度測定はそれぞれの測定器が持つ温度計を利用した。複数回測定での平均値を測定値とし、CTEは式(1)で算出した。

$$CTE = (L_2 - L_1) / (L_{20} \times (T_2 - T_1)) \quad (1)$$

ここで、L<sub>2</sub>は温度が高い方の測定長さ(mm)、L<sub>1</sub>は温度が低い方の測定長さ(mm)、L<sub>20</sub>は20°Cでの測定長さ(mm)、T<sub>2</sub>は高い方の温度(°C)、T<sub>1</sub>は低い方の温度(°C)となる。

#### 3-5-2 結果及び考察

表5に2水準の温度でのCB850の測定長さを示す。低い方の温度12.7°Cでの長さ測定値が高い方の温度20.5°Cでの長さ測定値より大きくなった。これは低い方の温度の長さ測定で使用したWASUMの指示誤差が±60 μm(2σ)であるため、WASUMの測定の際のばらつきが影響してマイナスの温度膨張になったと考えられた。CFRP筐体のメーカーが示すCTEは0.2×10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup>であり、温度差7.8°Cでの膨張長さは0.0013mmと計算されるのでT<sub>2</sub>-T<sub>1</sub>=

0.0124 mm は WASUM の測定の際のばらつきを考慮すると妥当な結果と思われる。ここで SUS303 材の CTE は  $18.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  であり、純鉄の CTE  $11.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  と比較して大きい。SUS303 材の CTE の大きさがマイナス値の原因の一つになり得るが、端度測定部が一方方向のプロービングであることから SUS303 材の熱膨張は相殺されるため無視できると考えた。結論として WASUM の測定誤差が影響しているものの、式(1)で算出した CB850 の CTE は  $-1.8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  となりメーカーが示す CTE と近い値であることから、CFRP 管体の CTE は非常に小さく、低温度膨張性能を有していることを確認した。

### 3-6 標準値の値付け

値付け方法は、測定長さ 850mm に対応できる CMM\_TP200 を使用して、図 5 に示した CB850 の端度測定部間の長さ 850mm 位置の正確な長さを測定した。測定物座標系は図 8 のとおりとし、測定位置は丸印で示した  $\phi 10\text{mm}$  の領域とした。測定回数は連続した 3 日間で 1 日に一度、繰り返し 12 回の測定を行い、3 日間で計 36 個の測定値から平均値を算出し、その値を標準値とした。CB850 と平行に設置したステップゲージで目盛り補正および CMM 付属温度計の温度で熱膨張補正をした。得られた結果を表 6

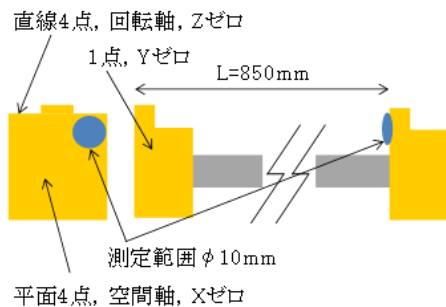


図 8 測定物座標系

表 6 CB850 の標準値

mm				
No.	n	Temperature(°C)	Average	2σ
1	12	20.5	850.5925	0.0020
2	12	20.2	850.5921	0.0020
3	12	20.2	850.5915	0.0016
STD	36	20.3	850.592	0.002

STD: Standard value



図 9 CB850 の輸送箱 (図中の金尺は 1000mm)

に示す。その結果、標準値は  $850.592\text{mm} \pm 0.002\text{mm}$  ( $2\sigma$ ) が得られた。

## 4 輸送箱の製作

最後に、長さ標準器は遠隔にある 2 台の測定機の性能比較や自身の標準値を校正するために遠隔地への輸送が多用される。そのため輸送時の外乱から長さ標準器を保護する輸送箱が必要となる。そこで図 9 に示す輸送箱も製作した。輸送箱は防湿性と衝撃吸収性の高い木製とし、CB850 の円筒管体部の固定では、端度測定部付近の管体首部および管体中心部の 3 か所を U 字治具で支えて固定した。さらに、端度測定部を中に浮く固定方法 (図 9 の左図) としたことで、輸送時の振動から生じる管体の暴れを抑制した。輸送箱の質量は 3994g、CB850 と合わせた総質量は 5015g となり、両端の取手を利用することで容易に可搬できる。

## 5 結 言

可搬式長寸法測定器 (WASUM) の使用者校正で用いる長さ標準器の製作を行い、以下の結果が得られた。

- (1) 長さ標準器の種別は端度器として、端度測定部は SUS 材、軽量化のために管体は CFRP の構成とし測定長さは 850mm とする CFRP 製棒状端度器 (CB850) を製作した。端度平面間の幾何形状は直角度  $0.0082\text{mm}$  ( $L=10\text{mm}$ ) となり、使用者校正する測定器の精度に対応できた。
- (2) CB850 の機械剛性を長尺ブロックゲージとのたわみ量比較で算出した結果、機械剛性は対長尺ブロックゲージでは 2.3 倍となった。また CB850 の質量は 1021g となり、例えば測定長さ 600mm のステップゲージと比較すると 14 分の 1 となり良好な作業性が確認できた。
- (3) 長さ標準器で必須となる線膨張係数を実験で求めた結果、CB850 の線膨張係数はメーカーが示す  $0.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  とほぼ同等となり、低熱膨張性能を有することが証明された。CB850 の標準値を値付けした結果、 $20^\circ\text{C}$  で  $850.592\text{mm} \pm 0.002\text{mm}$  ( $2\sigma$ ) が得られた。

## 文 献

- 1) JIS B 7440-1:2003 製品の幾何特性仕様 (GPS) 一座標測定機 (CMM) の受入検査及び定期検査 - 第 1 部: 用語
- 2) 和合健、竹原英樹、辺見誠雄: レーザ干渉計を利用した大型構造体の高精度寸法計測技術の構築 - プローブの開発とプロービング誤差 -、岩手県工業技術センター研究報告第 23 号 (2021)
- 3) 日本カーボン (株) Web Site: CCM®カタログ (2020)
- 4) JIS B 7506:2004 ブロックゲージ



# デザイン思考による商品開発支援ツールの開発（第2報）\*

長嶋 宏之\*\*、内藤 廉二\*\*、永山 雅大\*\*、小林 正信\*\*

岩手県内企業の商品開発力向上を目指し、デザイン思考による商品開発支援ツールを開発した。昨年度に完成したプロトタイプを基に、使用シミュレーション、ユーザーヒアリングによる改良に取り組み、商品開発で利用できるツールを完成させた。

**キーワード：商品開発、デザイン思考、支援ツール**

## Support Tools for Product Development by *Design Thinking*

**NAGASHIMA Hiroyuki, NAITO Yasuji, NAGAYAMA Motohiro,  
and KOBAYASHI Masanobu**

**Key words : Product Development, Design Thinking, Support Tools**

### 1 緒 言

Z世代、サステイナブル消費、D2C（ダイレクト・トゥ・コンシューマー）など、社会の価値観の多様化、複雑化に伴い、商品の開発では性能追求から、ユーザー・エクスペリエンス（UX）、モノからコトへ、デザインドリブンなど、その商品独自の価値を求められるようになった。

そこで、当センターでは岩手県内の製造業が、デザイナー視点のアプローチ（=デザイン思考）で商品開発を進めることができる支援ツールの創出を目的とし、令和元年度から研究開発を進めている。本ツールにより、県内製造業の商品開発力と商品価値付加力の向上、および、「デザイン思考」や「デザイン・マインド」の醸成などが期待できると考えている。

令和元年度に第1報<sup>1)</sup>で報告した通り、図1に示す支援ツールのプロトタイプを完成させた。

本報告ではこのプロトタイプの改良と完成した「商品開発支援ツール」について報告する。

### 2 方 法

#### 2-1 ツール構成の検討

始めに支援ツールのプロトタイプの構成を説明する。ツールは「ナビボード」と「ナビツール」で構成されている。「ナビボード」は作業工程（以降、タスクと呼ぶ）が13タスクあり、一部のタスクは周回する「開発スパイラル」を形成する。ナビツールには「インタビューシート」と8枚の「ナビカード」があり、各タスクに対応している。

支援ツールのプロトタイプは、ツールの概念を可視化し、行動を指し示すレベルまで完成したが、ま

だ、実用ツールとして構成の改良が必要であった。

改良の方法は、コンピュータープログラムのデバッグのように、商品開発担当者が支援ツールを利用した際にあらわれる不具合を抽出し、その原因の究明と改良案の検討、修正（実装）とした。

改良の目標は、「初めての人も扱えるツール」、「概念、用語、目的を1人で理解できる」などの利用者の使いやすさであり、以下に示す事項を重点的に検証しながら進めた。

- 1) 開発過程の分かりやすさ
- 2) 各開発過程の整合性（矛盾のなさ）
- 3) 用語の理解しやすさ

#### 2-2 ツール要素の改良

##### 2-2-1 インタビューシート

プロトタイプの「インタビューシート」は、商品開発者に現状把握をうながすためのツール要素で、アンケート形式のワークシートである。

インタビューシートの改良では、表1に示すシミュレーション用仮想企業とその開発担当者を設定し、筆者らが仮想開発担当者として各々がインタビューシートを使用し、不具合の抽出を行なった。抽出された不具合は筆者らで修正案を検討し、修正を行なった後、再度シミュレーションし不具合を抽出することを繰り返した。

##### 2-2-2 ナビボード

ナビボードは商品開発のフローチャートであり、かつ、開発の工程表を兼ねるツール要素である。

ナビボードの改良は、商品開発担当者が持つ思考過程（ノーマンが示す概念モデル・メンタルモデル<sup>2)</sup>）を正しく可視化するように、フロー図、用語などの最適化の検討と修正を行なった。

\* 令和2年度 技術シーズ創生研究事業 プロジェクトステージ

\*\* 産業デザイン部

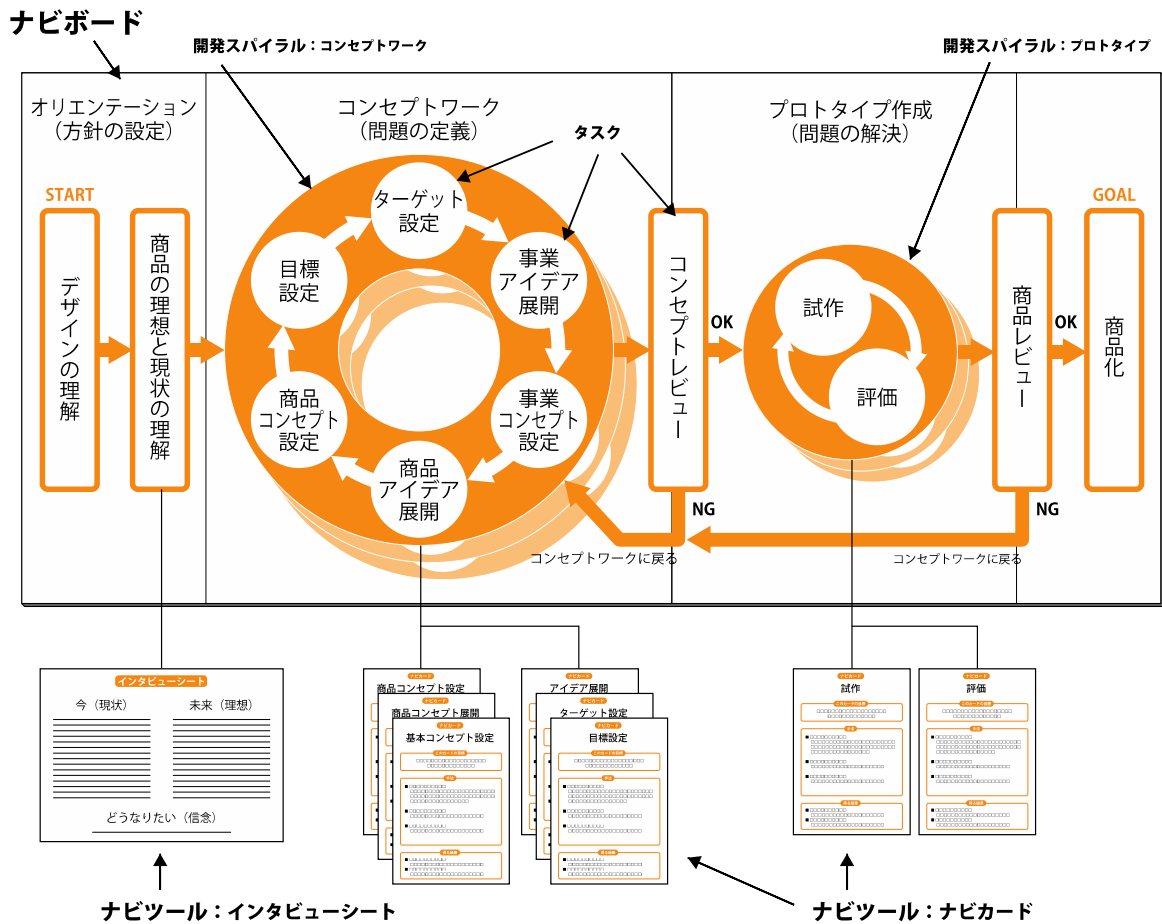


図1 商品開発支援ツール・プロトタイプ

表1 設定した仮想企業

業種	業務内容	担当者	概要
林業・サービス業	木材料供給 商品企画販売	代表1名	製造・加工は外注
食料品製造業	食品製造販売	営業1名	販促商品を外注

### 2-2-3 ナビカード

ナビカードは、ナビボードの各タスクに対し具体的な指示を与えるツール要素である。その内容は、カード毎に、タスクの目的と商品開発手法を提示し、その結果として「設定目標」を求めるものである。

ナビカードの改良は、提示する手法の種類やその説明などの提示内容の再検討と、インタビューシートとナビボードの改良を受けたカード内容の修正を行った。

### 2-3 企業での試用

検証方法の一つとして、商品開発に関わる企業の試用を計画した。当センターへの技術相談などで支援ツールを紹介し、興味を持っていただいた企業で使用してもらったのち、支援ツールの使い勝手について意見を収集した。



図2 完成した支援ツール

## 3 結果及び考察

### 3-1 ツール構成の検討

完成した支援ツールの概観を図2に示す。改良は、インタビューシートの不具合抽出から始め、全てのツール要素上において、その不具合を修正することで進めた。抽出された不具合を表2に示す。

ツールの作成には、図版を使用することと、書式レイアウトに自由に設計するため、グラフィック作成ソフト Adobe Illustrator を使用した。また、完成したツールは、その後の配布と使用を考慮し、PC上でも印刷しても使用可能な、PDF形式とパワーポイント形式の2種類のデータを用意した。

表2 抽出した不具合

抽出した点	種類	抽出した点	種類
ある、なし、としか答えようがなかった	設問内容	難設問「協力者はいますか」	設問内容
設問についてかぶっているところがあり答えづらい	設問内容	開発商品が見えていないと答えられない設問がある	設問内容
ターゲットの項目が多すぎた	設問内容	商品開発の確認項目になりうるのでは	構成
ターゲットの項目で国籍や居住地などが抜けている	設問内容	「買う人」の設問は必要か	構成
買う人、使う人の両方の項目が多い	設問内容	設問全体が見えると、わかりやすい商品の設問を答えてしまい、ゴールありの回答になるのでは	構成
「使う人の名前」がない	設問内容	回答例に引っ張られて回答される	構成
既存製品・サービスについての質問が「はい/いいえ」だけで答えられてしまう	設問内容	チェックシートの説明が必要	構成
開発途中では答えようのない設問がある	設問内容	「買う人」の動機は入手方法として重要ではないか	構成
「使う人の好きなものは」と聞くと、製品のことだけになるのでは	設問内容	ビジョンの設問で、この設問の重要性が理解してもらえないだろうか	構成
難設問「使う人の習慣・ルーチンワーク」	設問内容	ナビボード、ナビシートの項目にリンクしたほうが進めやすい	表現
難設問「使う効果」	設問内容	「商品」という単語を使うと先に商品を考えてしまう（ゴールありの回答に）	表現
難設問「買う人の習慣・ルーチンワーク」	設問内容	買う人、使う人の「習慣」とは文化的習慣と紛らわしい	表現
難設問「その特徴は何かが良いのか」	設問内容	商品の具体名を書きたくなる	表現
難設問「その材料は誰が作るか」	設問内容	「新しい（<商品名>）」は既製品のリニューアルに使えない	表現
難設問「作るのにどのくらい時間がかかるか」	設問内容	<Why>や<商品説明>など、散発的に設問説明の単語があるが、却って意味がわからないのでは	表現
希望販売価格の設問がない	設問内容	回答欄が小さく答えにくい	様式

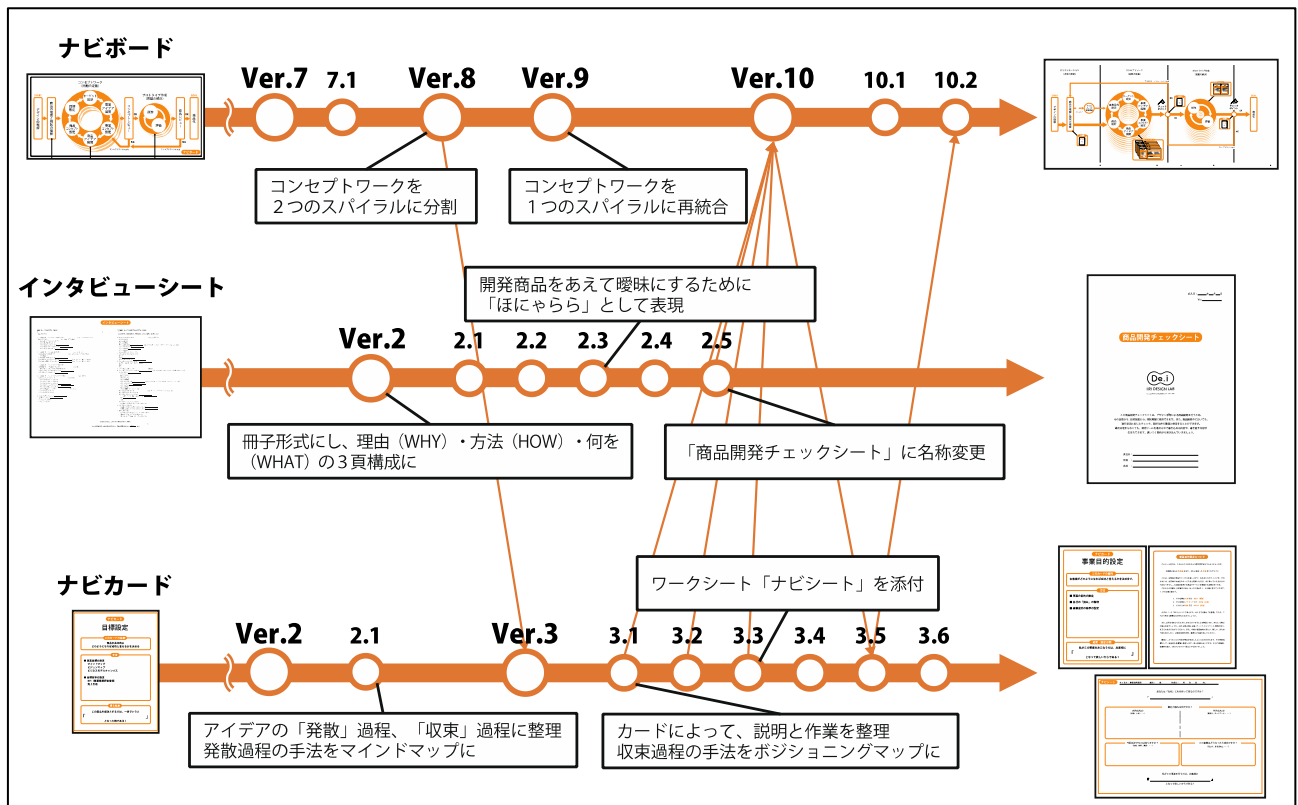


図3 支援ツール修正履歴

修正作業は、小変更でもツール全体に影響があるため、改良案の検討、修正（実装）、検証を繰り返すこととなった。その改良回数はインタビューシートが6回、ナビボードが7回、ナビカードが9回に及んだ。修正の履歴を図3に示す。

### 3-2 ツール要素の改良

#### 3-2-1 インタビューシート

改良当初はシートの使いやすさの向上のために、質問内容の追加、削除などの整理を繰り返した。質問の整理により、各質問間にも関連性を発見したため、シネックが提唱するゴールデンサークル<sup>3)</sup>を参考に、質問内容を「理由（事業目的）」、「方法（事業コンセプト）」、「何を（商品コンセプト）」の3グループに整理し、質問を回答する作業の中で、商品を構想する構成とした。これに伴い、プロトタイプでの1枚のシート状の書式から、内容ごとに1頁とした冊子状の書式に形態を変更した。完成したシートを図4に示す。

インタビューシートの改良により、プロトタイプでのナビボードでのコンセプトワークの完了確認（コンセプトレビュー）にもインタビューシートは活用できると考え、ナビボード上の完了確認工程を「チェックポイント」として判定基準表の役割を与えた。名称もプロトタイプでの「インタビューシート」から「商品開発チェックシート」に変更している。

質問の整理時に、回答し難いとされた質問はあえて残し、その場では空欄でも開発のスパイラルを繰り返すことで回答できれば良いこととした。「とりあえず回答を埋める」といった機械的な作業の抑止と、商品開発で考慮すべき質問であることの意識づけの効果を狙っている。

また、商品開発事例でよくある「商品（答え）ありき」の回答にならないよう、質問中では開発商品をあえて曖昧にするため、雲形の図形と「ほにゃらら」の文字を組み合わせたアイコン的な表現をとることにした。

インタビューシートとして現状の把握のみに使用するだけでなく、チェックシートとしての判定基準表とする変更は、開発中の各工程において、ツールの受動的かつ機械的な作業の抑止に効果的であると考えられる。

そのほかの改良として、デジタルファイルへの直接入力と印刷したものへの手書き入力を想定し、記入欄の大きさ、デジタル用のフォーム欄の用意など、レイアウトの調整を行なった。

#### 3-2-2 ナビボード

完成したナビボードを図5に示す。使用者が「コンセプトワーク」の開発スパイラルを理解しやすくするため、フロー図の修正を行なっている。

主な変更は、プロトタイプでのナビボード上で、開

発過程の完了確認をする箇所とした「コンセプトレビュー」と「商品レビュー」を、「商品開発チェックシート」を使用して過程完了確認を行う「チェックポイント」として再設計した点である。

また、細かいところでは、アイデア展開などが不慣れな使用者のために「アイズブレイク」の項目を追加した。

視覚効果としては、スパイラルと繰り返す意味を明確にするため、円を多重にし、グラデーション処理を付与した。

ナビボードの改良は、結果的に商品開発における思考過程の整理、再構築となり、商品開発フローがスパイラル型の開発過程であることをあらためて可視化することができたと考える。

#### 3-2-3 ナビカード

ナビカードの改良は、前述の商品開発チェックシート、ナビボードの改良を受けて、カードの使いやすさを向上するため、用語や掲載内容の再検討を主に行なった。

ナビカードのプロトタイプは、カードの目的と開発手法の提案に留めていたが、経験のない開発担当者は手法の作業指示がない状況では手詰まりになるため、具体的な作業を提示するように変更した。改良したナビカードの一例を図6に示す。

おもて面には、各タスクの「目的」、「方法」、「結果（設定目標）」の3項目を明示した。

「目的」では当該のナビカードが示すタスクの必要性を平易かつ短文で表現するようにした。

「方法」では、手法が数多く提示されても、その選択に戸惑うことも考え、ツールとして勤める手法を絞って提案した。

「結果（設定目標）」は作業の結果として設定した目標を第三者に説明しやすいう、平易な言葉で、短文で書き込むよう再設計した。

裏面には、各タスクの解説と、一部のカードでは手法の解説を掲載した。特に「事業アイデア展開」から「事業コンセプト設計」と、「商品アイデア展開」から「商品設計」では、使用者がデザイン思考的なアイデアの発散と収束の繰り返しを意識するよう構成した。

さらに、ナビカードで提案する手法に対応したワークシート「ナビシート」を添付することとした。これを図7に示す。各ナビカードとナビシートの対応については表3に示す。

なお、「プロトタイプ作成」スパイラルの「試作」、「評価」のナビカードは、支援ツールの対象者が製造業であることから、試作と検証をそれぞれの手法で確立していることが多く、また、業態の違いでその手法も数、種類とも多くあり掲載しきれないと考え、代表的な手法を提示するのみに留めた。







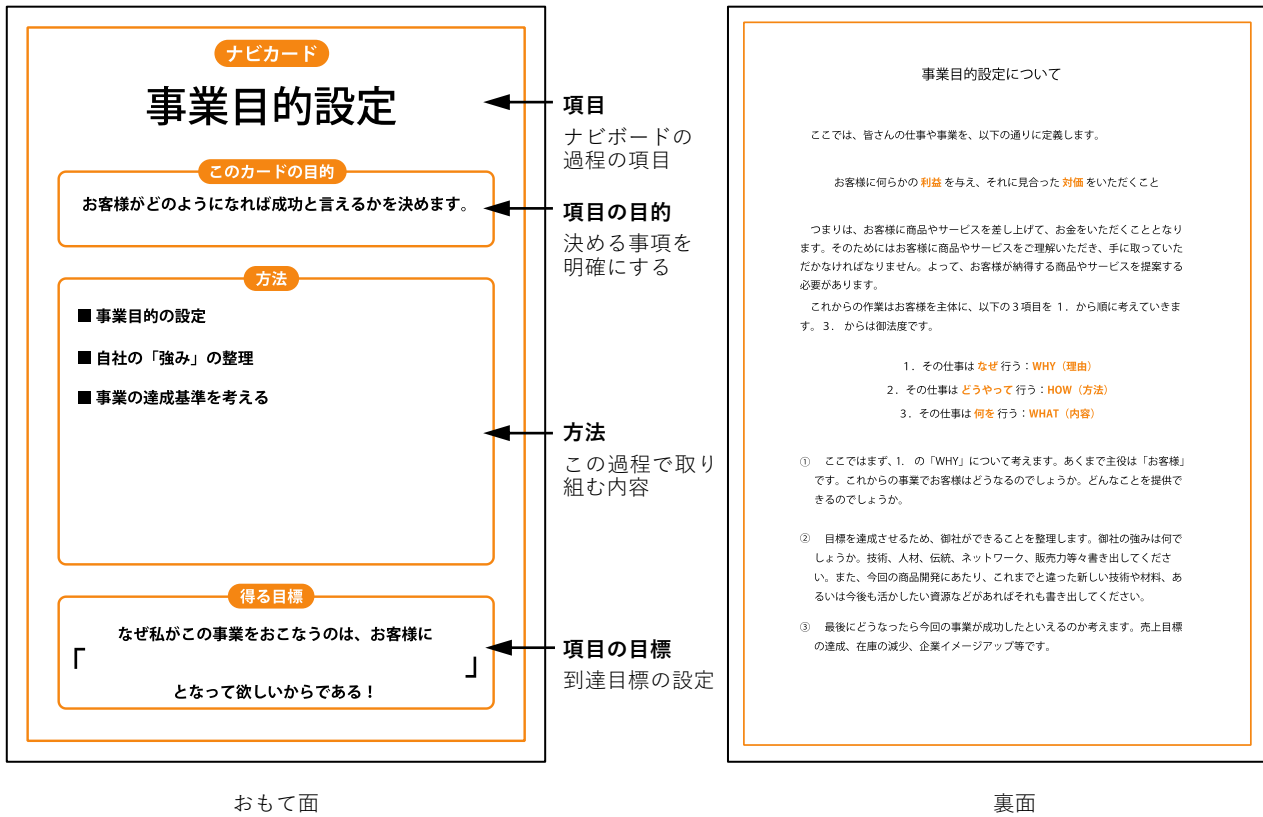


図6 ナビカード「事業目的設定」

ナビシート

タイトル：事業目的設定

周回： 周

作成日： 年 月 日 No. \_\_\_\_\_

あなたは「なぜ」これを作って売るのはですか？

『 \_\_\_\_\_ 』

御社の強みは何ですか？

内的なもの  
 (技術、人材・・・)

外的なもの  
 (販売力、ネットワーク・・・)

今回活かすものはありますか？  
 (技術、材料、資源・・・)

この事業はどうなったら成功ですか？  
 (売上げ、知名度向上・・・)

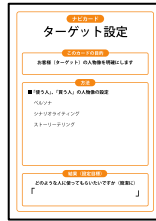
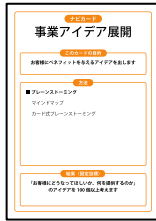
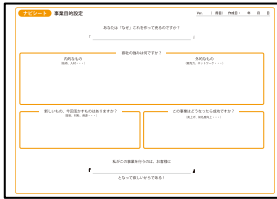

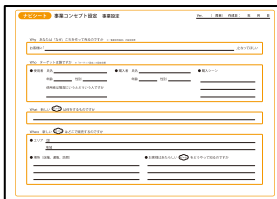
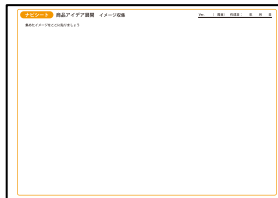

私がこの事業を行うのは、お客様に

「 \_\_\_\_\_ 」

となって欲しいからである！

図7 ナビシート「事業目的設定」

表3 ナビカードとナビシートの対応

<p>ナビカード</p>	<p>事業目的設定</p> 	<p>ターゲット設定</p> 	<p>事業アイデア展開</p> 
<p>カードの目的</p>	<p>ユーザーの目線で事業の成功指針を定める</p>	<p>ターゲットユーザーを明確にする</p>	<p>本事業でのユーザーベネフィットを検討する</p>
<p>紹介する手法</p>	<p>—</p>	<p>ペルソナ</p>	<p>マインドマップ カード式ブレインストーミング</p>
<p>対応するナビシート</p>	<p>事業目的設定</p> 	<p>ターゲット設定</p> 	<p>マインドマップ カード式ブレインストーミング</p> 
<p>ナビカード</p>	<p>事業コンセプト設定</p> 	<p>商品アイデア展開</p> 	<p>商品設計</p> 
<p>カードの目的</p>	<p>事業の方向性・内容を決める</p>	<p>商品仕様のアイデアをできるだけ出す</p>	<p>商品の仕様を決める</p>
<p>紹介する手法</p>	<p>ポジショニングマップ</p>	<p>イメージ収集 アイデアスケッチ</p>	<p>ポジショニングマップ</p>
<p>対応するナビシート</p>	<p>ポジショニングマップ</p>  <p>事業設定</p> 	<p>イメージ収集</p>  <p>アイデアスケッチ</p> 	<p>イメージボード</p>  <p>商品設計</p> 

### 3-3 企業での試用

県内の電子機器製造企業 A 社から、自社の新商品の開発が進行中であり、支援ツールに興味があるとのお声がけをいただいた。そこで、対面による使用説明を行い、支援ツールの電子ファイルを一式送付した。その後、商品開発チェックシート使用後にご意見をいただいた。これを表 4 に示す。

表 4 試用後の意見

意見	対応案
(試用者が設定した)45分ではかなり駆け足で進める必要がありました。ゆっくり議論しながらやると、2～3時間かかりそう。	作業時間の想定
設問の狙いがわからないような部分があり、進め方のガイド役(ガイド資料)が必要と思いました。使う人の名前、年齢、性別 etc ペルソナ想定?	使用マニュアルの作成
設問2のすぐ下「お客様にどのような良いコトがありますか」の「お客様」とは誰のことか迷子になりました。「その人」のことを指しているのか、「その人」にとしての「お客様」を指しているのか。	用語の整理

今回の完成版でも用語や表記についての不整合が存在し、更に修正の必要があること、使用マニュアルの要望があることがわかった。

また、想定外の課題として、今回の完成版では各タスクの完了に要する時間を設定していなかったが、商品開発計画の立案の際には作業時間の予想値は必須と考え、今後の改良点として検討する。

### 4 まとめ

以上のことから、商品開発における実装と検証を繰り返す開発フローを反映した支援ツールを開発することができた。また、この支援ツールの開発においても、ツール要素の改良の際に、一つの修正が他の要素に波及し、常に修正の実装と検証を繰り返すこと(スパイラルアップ)を自然に実行していたことは、非常に興味深く思う。

今後は商品開発支援ツールの普及と継続的な改良を進める予定である。既に、希望する8者に支援ツールを配布しており、新商品開発に利用され、今後のツール改良のためのフィードバックに期待している。本ツールにより、更なる岩手県内製造業の商品開発力向上に資することができればと考えている。

### 謝 辞

今回のツール開発に関し、ご意見を伺った各企業、関係各位のご協力について厚く御礼を申し上げます。

### 文 献

- 1) 長嶋宏之, 内藤廉二, 小林正信: デザイン思考による商品開発支援ツールの開発(第1報) 岩手県工業技術センター研究報告 第23号, 地方独立行政法人岩手県工業技術センター (2020)
- 2) 誰のためのデザイン? (増補・改訂版): D. A. ノーマン, 新曜社 (2015)
- 3) サイモン・シネック: WHY から始めよ!, 日本経済新聞出版 (2012)

# Fusion360 を活用した木材 3 次元自動加工の検討\*

内藤 廉二\*\*、有賀 康弘\*\*

手作業を主とした県内の木工製品製造業者が生産の効率化をはかるためには、CNC 加工機を活用した 3 次元自動加工の導入が有用と思われる。そこで、CAD/CAM/CAE ソフトウェアである Fusion360 を活用し、NC ルーターによる木製品の 3 次元自動加工について検討した。多曲面を有する木製スプーンをモデルとし、検討した結果、①自由曲面で構成された 3D モデリングが可能 (3DCAD 機能)、②木材の同時 3 軸自動加工における加工効率や仕上げ面性状に適したツールパスが設定可能 (CAM 機能)、③CAD、CAM を同ソフトウェア上で一元的に管理するため、効率的な設計・シミュレーション加工が可能、であったことから、木製品の 3 次元自動加工に活用できることが分かった。

**キーワード：3 次元自動加工、3D スキャン、CNC 加工機、Fusion360、3DCAD、CAM、木製スプーン**

## Study on 3D automatic processing of wood using Fusion 360

NAITOU Yasuji, ARUGA Yasuhiro

**key words : 3D automatic machining, 3D scan, CNC processing machine, Fusion360,3DCAD,CAM,Wooden spoon**

### 1 はじめに

近年、環境や安全性への配慮から木材のような天然素材を用いた製品が見直されてきている。木製カトラリーや木製雑貨など小木工品類の人気も高まっており、岩手県内にもこれらを製造する木工製品製造業者は多い。しかし、手加工による事業者が多いため、生産数に限度があり作業手間と価格のバランスをとることが困難である。特に、スプーン等のように曲面を多用した形状は、製品 1 個当たりの手加工工数が多い。このような製品加工の作業効率化、精度の向上、労力の軽減などをはかるには、CNC 加工機の活用が有用と思われる。そこで、令和元年度には県内で生産される漆塗スプーンの木地加工を例とし、木地の 3D データ化と加工設計、3 次元自動加工までをシームレスに行う手法を検討した<sup>1)</sup>。3DCAD は Rhinoceros ver5.0 (McNeel 社)、CAM は CraftMILL V10 (C&G SYSTEMS inc.) を使用した結果、当センターが保有している木材加工用 NC 自動加工装置(株式会社平安コーポレーション製 NC-151MC1508、NC 装置：FANUC Series 15-MA) (以下 NC ルーター) (図 1) を用いた 3 次元自動加工を行うことができた。

本研究ではさらに CAD/CAM/CAE ソフトウェア Fusion360 (オートデスク株式会社) と、当センターが保有している NC ルーターによる木製品の自動加工について試験した。Fusion360 は近年利用者が多いソフトウェアで、安価ながら高額な CAD に搭載されるモデリングの履歴機能や、フォーム機能 (自由曲面の作成機能) を備え、3DCAD の経験が無く、新規に導入する事業者等にも扱いやすいイン

ターフェースを有する。また、CAM 機能は多様なツールパスが選択可能であり、CAD・CAM がソフトウェア上で並列に機能するため、作業中の形状変更にてデータの移動が不要な点など、作業の効率化に有効であると考えた。



図 1 NC ルーター

### 2 試験方法

NC ルーターによる 3 次元自動加工を行うには加工する製品の 3D データが必要である。しかし、木材加工分野では 3D データがない既製品や、手加工による試作モデルからの自動加工のニーズも想定される。そこで、既製品 (木製スプーン) を 3D スキャンにより 3D データ化し、3 次元自動加工する工程を検討した。試験に用いた木製スプ

\* 令和 2 年度 技術シーズ創生研究事業 育成ステージ

\*\* 産業デザイン部

ーンは完成形をイメージしつつ、実際の使用感と手触りを確認しながら木地加工業者と同様に手作業で製作した。材料はMDF (中密度繊維板) を用いた。木製スプーンの外観を図2、図3に示す。



図2 木製スプーン (材料:MDF)

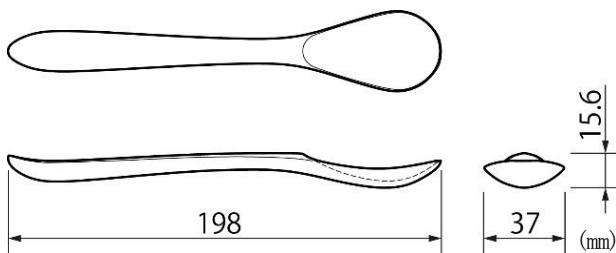


図3 木製スプーン

2-1 3D スキャンと 3DCAD によるモデリング

3D デジタイジング装置 (Carl Zeiss 社、COMET6\_16M) を用いて木製スプーンを 3D スキャンした。3D スキャンの条件を表1に示す。取得したデータに基づいて以下によりモデリングを行った。

(1) 木製スプーンの 3D モデリング

スキャンデータは手作業による形状の歪み、傷等がそのまま反映されており、修正する必要がある。しかし、STL 形式のポリゴンデータの修正は困難なため 3D モデリングを行った。スキャンデータを Fusion360 の CAD 画面に配置し、同じ作業空間座標で形状をトレースしながら 3D モデリングした。

3D モデリングには Fusion360 のフォーム機能 (スカルプト機能、T-スプラインオブジェクトによるサーフェスマデリング) を用いた。フォーム機能は、粘土を捏ねるように直感的に変形させながら自由曲面で構成された形状を整える機能である。

表1 3D スキャンの条件

レンズ (mm)	測定範囲 (mm)			点間距離 (mm)	1ショット 精度 (mm)	測定点数 (点)
	X	Y	Z			
250	274	193	160	0.056	±0.012	4896 × 3264 (約1600万)

(2) 加工用モデルの設計

(1) で得られたモデリングデータ (3D データ) をもとに、被削材から CNC 加工を行うための加工用モデルを Fusion360 の CAM で設計した。スプーンは自由曲面で構成されているため、加工はオモテ面、ウラ面の 2 方向から行うこととした。また、加工終了時にスプーンが抜け落ちないように、厚さ 3 ミリのサポートを設計した。被削材は厚さ 21 mm × 幅 120 mm × 長さ 310 mm のクリ材とし、木ネジで治具盤に固定する設計とした (図4)。

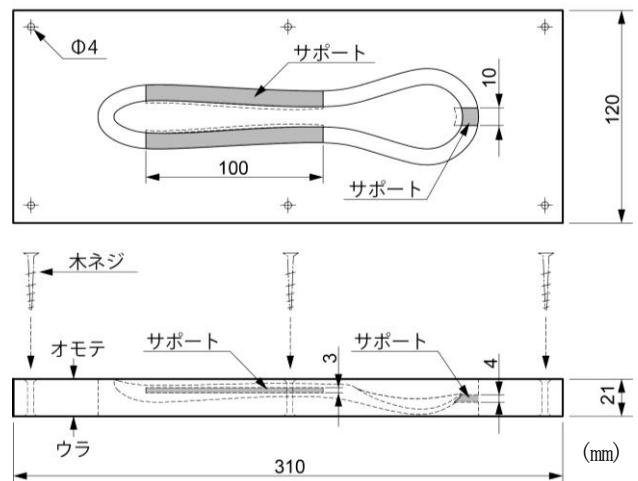


図4 加工用モデルの設計図

2-2 CAM による NC データの作製

加工用モデルに対して Fusin360 の CAM により、工具及び同時 3 軸加工のツールパスを設定した。これらについては製品化、量産化を念頭に、以下について留意した。

(1) 加工時間

スプーンの自動加工後のサポート切り離しと研磨作業を含め、スプーン 1 本あたりの加工時間を 20 分と設定し、そのうち自動加工に要する時間は 10 分を目標とする。

(2) 荒加工

荒加工は刃物径 8 mm、刃物径 16 mm のラフィングビット (ストレートエンド) を用いて加工時間の短縮をはかる。

(3) 仕上加工 (スプーン全体)

曲面に沿ったツールパスでは NC ルーターは自動的に加工速度を減速させ、曲率が大きいほど遅くなる。加



工時間を短縮するにはツールパスの曲率はなるべく小さい方がよい。スプーンは、長手方向に曲率の低い曲面で構成されることから、常に長手方向の走査線加工を基本とする。

(4) 仕上加工 (つぼ)

つぼ (ものを掬うための凹状になっている部分) は自動加工後の研磨作業がしにくいことから、刃物径 30 mm のボールエンドビットを用いて最終仕上げに近い仕上面性状を目指す。

(5) サポートの加工

サポートは定盤面に対し平行な板状で、仕上面性状は粗くても問題ないことから、ラフィングビット (ストレートエンド) を用いて加工時間の短縮をはかる。

(1)~(5)を考慮し、NC ルーターによる自動加工の工程を図5のように、使用刃物を表2のように設定した。ツールパスはFusion360のシミュレーション機能を活用し、刃物の動作、仕上がり形状、加工時間を確認しながら設定した。ツールパスの設定後、加工工程ごとにNCデータを生成した。

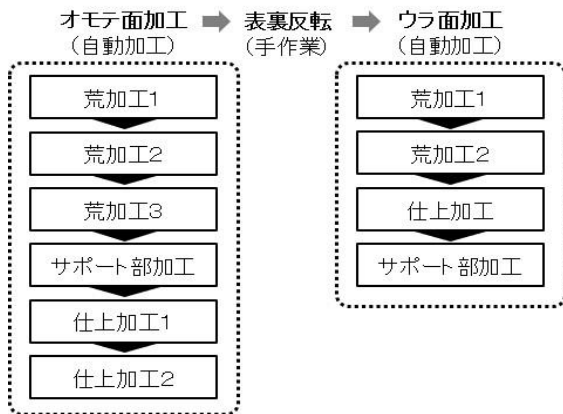


図5 加工工程

表2 使用刃物

刃物の種類	刃物径(mm)	刃長(mm)
ラフィングビット(フラットエンド)	8	30
	16	60
ボールエンドビット	8	20
	30	30

2-3 固定治具の製作と被削材の固定

被削材の固定治具を設計した。治具は厚さ 21 mm のシナ合板を使用し、位置決めのコマ木を差し込むために深さ 10 mm の溝を施した (図 6)。溝は刃物径 12 mm のストレートビットを用いて NC ルーターにより加工した。

被削材は完成した固定治具により図 7 のように NC ルーター定盤中央に位置決めし、木ねじで固定した (図 7、図 8)。

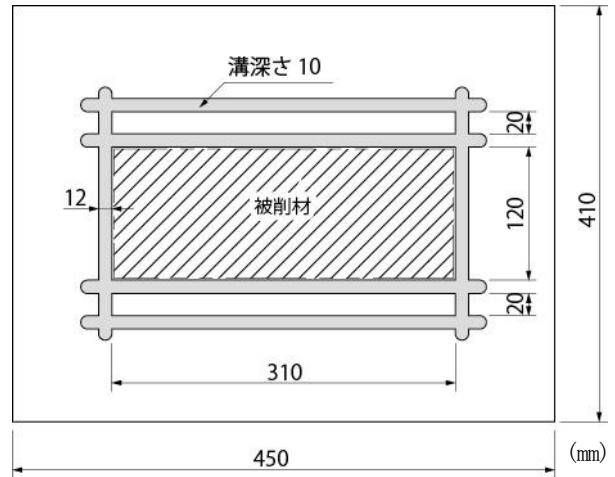


図6 固定治具の設計

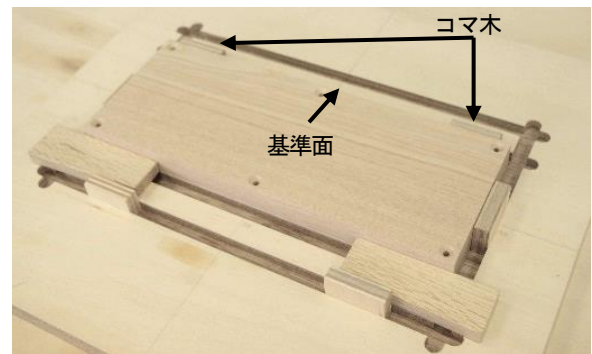


図7 被削材の位置決め方法



図8 被削材の固定方法

2-4 NC ルーターによる自動加工試験

2-2 で得た、NC データをデータ転送装置 (タクテック株式会社、P-530) から、NC ルーターへ転送しながら、自動運転 (DNC 運転) による同時 3 軸自動加工を行った。

3 結果および考察

3-1 3D スキャンと 3DCAD によるモデリング

(1) 木製スプーンの 3D モデリング

Fusion360 のフォーム機能を使うことによって、スキャンしたポリゴンデータとほぼ同形状、かつ手加工によって生じた歪みや傷などを修正した完成形に近いモデリングを行うことが可能であることが分かった (図

9～図12)。フォーム機能では、閉曲面の3D形状を感覚的に変形してモデリングする。曲率の異なる曲面の連続性を保ちながら思い通りの形状を再現できることがわかった。

(2) 加工用モデルの3Dモデリング

(1)で得られたモデリングデータをもとに作成した加工用モデルを図13に示す。

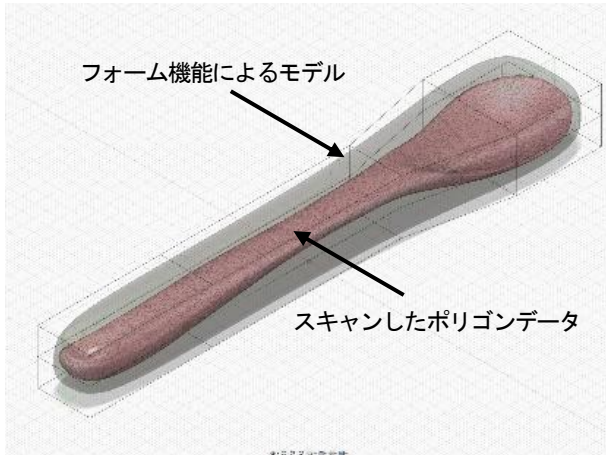


図9 フォーム機能によるモデリング-1

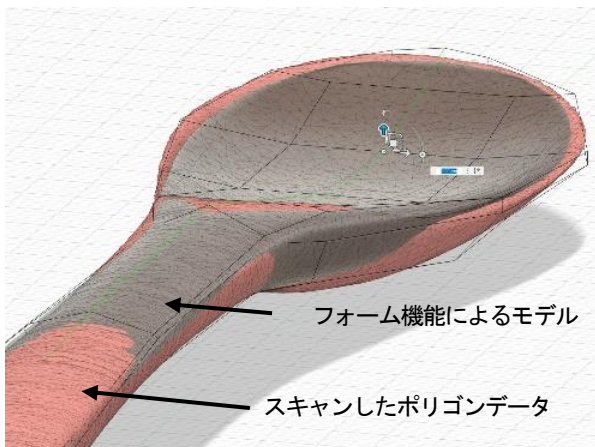


図10 フォーム機能によるモデリング-2

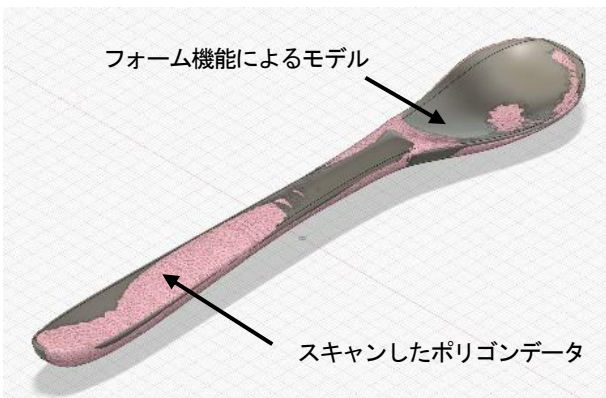


図11 フォーム機能によるモデリング-3  
(スキャンデータとの比較)



図12 フォームにより完成したモデリングデータ

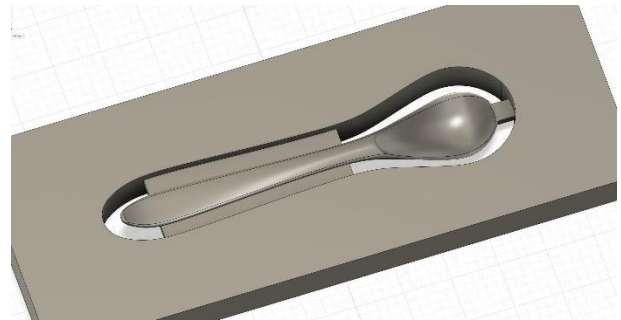


図13 完成した加工用モデルの3D画像

3-2 CAMによるNCデータの作製

加工用モデルに対して、CAMにより同時3軸加工用のツールパスをシミュレーションしたところ、予想加工時間は10分弱となった。

加工工程ごとの加工範囲は、3Dデータを構成する面ごとに設定可能だが、つぼのように連続する自由曲面で構成されている場合、曲面の境界が不明確で、加工範囲の指定が困難であった。そこで、図14のようにFusion360のCAD(スケッチ機能)で作成した2D図形を加工範囲として指定した。Fusion360はCAD、CAMが同ソフトウェア上で切り替え可能で相互にリンクしているため、設計変更にも効率的に対応できることを確認した。

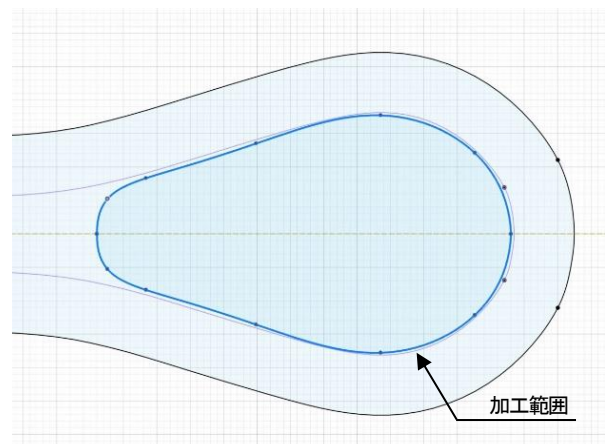


図14 つぼの加工範囲設定



オモテ面の走査線加工のシミュレーションでは、つぼの周辺部の加工粗さが目立った (図 15)。つぼの周辺部は薄く、この部分の仕上がりが粗いと研磨工程で削りすぎ等のトラブルを引き起こしやすい。そこで、曲面の輪郭線に沿って刃物が移動する、スキヤロップ加工に変更

した (図 16)。以上のことから Fusion360 の CAM での加工設定においては加工効率や仕上げ面性状に適したツールパスが設定可能であることがわかった。図 17～図 18 に加工結果のシミュレーション画像、表 3 にシミュレーションから求めた加工条件を示す。

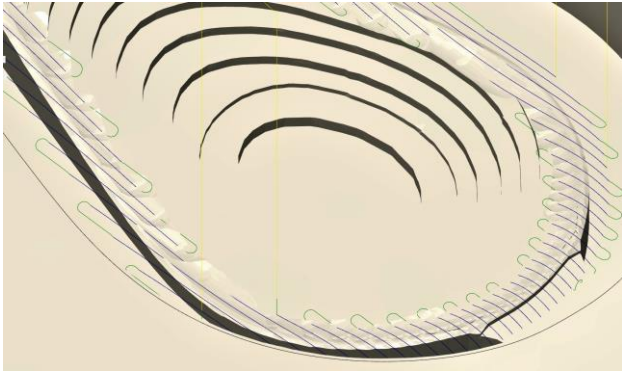


図 15 走査線加工のツールパスとシミュレーション

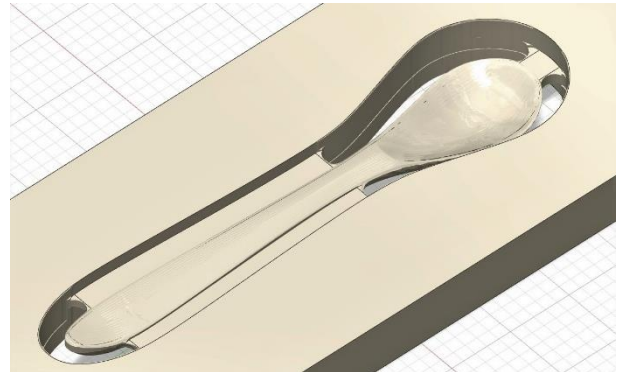


図 17 加工結果シミュレーション (オモテ面)

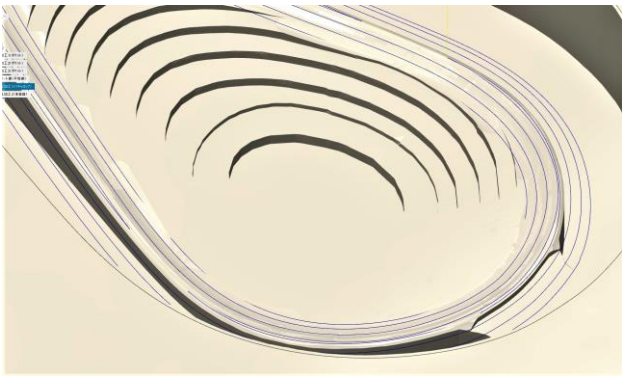


図 16 スキヤロップ加工のツールパスとシミュレーション

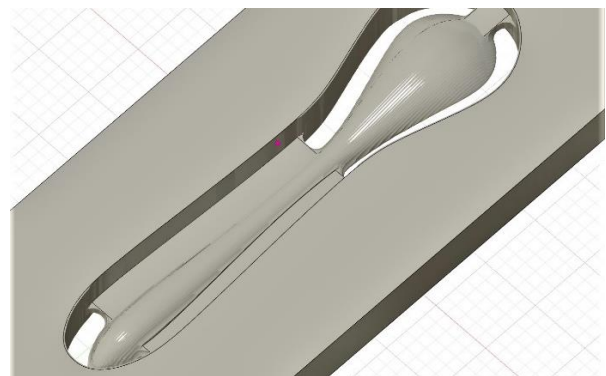


図 18 加工結果シミュレーション (ウラ面)

表 3 シミュレーションから求めた加工条件

加工面	加工工程	使用刃物	刃物径 (mm)	回転速度 (rpm)	送り速度 (mm/min)	切削ピッチ (mm)		仕上代 (mm)
						平面方向	垂直方向	
オモテ	荒加工1 (ポケット)	ラフィングビット (フラットエンド)	16	18000	3000	自動	2	0.5
	荒加工2 (ポケット)	ラフィングビット (フラットエンド)	8				1	0.3
	荒加工3 (ポケット)						4	
	サポート部 (平坦部)	ボールエンドビット	30			7.6	0.05	
	仕上加工1 (スキヤロップ)					1	0.1	
	仕上加工2 (走査線)					0.05		
ウラ	荒加工1 (ポケット)	ラフィングビット (フラットエンド)	16	18000	3000	自動	2	0.5
	荒加工2 (ポケット)	ボールエンドビット	8					
	仕上加工 (走査線)					7.6	0.05	
	サポート部 (平坦部)	ラフィングビット (フラットエンド)						

自動加工を行う場合、CAMにより生成されたツールパスからポストプロセッサを介して実際のNCデータを作成するが、Fusion360には自動加工に用いるNCルーターに対応するポストプロセッサが用意されていない。そこで、CAMにより生成されたNCデータを以下のように手作業で修正した。

- (1) 加工前準備プログラムの追加  
各種Gコードの初期化コードを追加した。
- (2) 刃物回転開始指令の修正と工具長補正の追加  
安全を考慮し主軸ヘッドをX軸、Y軸の加工原点まで移動してから刃物の回転を始めるように変更した。また、工具(刃物)番号と工具長補正指令を追加した。
- (3) 刃物回転速度安定のための待機時間の追加
- (4) 原点復帰コードの追加

### 3-3 NCルーターによる自動加工試験

#### 3-3-1 自動加工

完成したNCデータにより自動加工を行った(図19～図21)。自動加工で得られた木製スプーンと手作業で制作した木製スプーンとの比較を図22～図23に示す。



図19 NCルーターによる自動加工の様子



図21 ウラ面の加工終了時の様子



図22 手作業で制作した木製スプーンと自動加工の比較-1



図20 オモテ面の加工終了時の様子



図23 手作業で制作した木製スプーンと自動加工の比較-2

実加工時間は、CAM 機能での予測時間に対して 2 倍近く要した (表 4)。これは NC ルーターでは刃物が移動方向を変える際に、曲面の曲率に応じて自動的に移動速度を減速させるが、CAM によるシミュレーションではツールパスの長さや設定した送り速度で予測加工時間を割り出していることによる。そのため、曲率の大きいツールパスほど実加工時間との差が大きくなることが分かった。

表 4 CAM での予測加工時間と実加工時間の比較

加工面	加工内容	予測加工時間 (min:sec)	実加工時間 (min:sec)
オモテ	荒加工1	0:37	1:07
	荒加工2	0:33	1:13
	荒加工3	0:47	1:21
	サポート部	0:18	0:49
	仕上加工1	1:28	3:26
	仕上加工2	0:44	1:54
ウラ	荒加工1	0:55	1:30
	荒加工2	2:03	2:50
	仕上加工	1:47	3:00
	サポート部	0:14	0:45
合計		9:26	17:55

#### 4 まとめ

Fusion360 の CAD/CAM を活用した NC ルーターによる木製品の同時 3 軸自動加工の検討を行い、次の結果を得た。

(1) CAD において直感的な作業でモデリングが可能とな為、思い通りの製品形状が容易に再現できた。

(2) CAM においては、加工効率や仕上げ面性状に適したツールパスが設定可能であった。

(3) CAD、CAM を同ソフトウェア上で一元的に管理するため、設計変更にも素早く対応でき、効率的な設計・シミュレーション加工が可能であった。

これらのことから、Fusion360 はコストパフォーマンスに優れた CAD/CAM であり、木工製品製造業者への導入を進めやすいと思われる。

NC ルーターによる自動加工の効率化においては、目標とした加工時間に対し、2 倍近い時間を要したものの、自動加工は加工時間の削減だけでなく、手加工による労力の削減、製品寸法の安定化、安全性の向上といったメリットも大きい。今後は、より効率の良い加工方法を確立するため、仕上面性状や荒加工方法、最適なツールパスの選択とそれに適した加工範囲の再設定などを検討していくことが課題である。

#### 文 献

- 1) 内藤廉二, 有賀康弘, 茨島明: 岩手県工業技術センター研究報告, 22, P43-47 (2020)
- 2) 三谷大暁, 別所智広, 坂元浩二, 大塚貴: Fusion360 操作ガイド 2020 年版 ベーシック編/アドバンス編/スーパーアドバンス編, (2020)
- 3) 三谷大暁, 大塚貴, 濱谷健史: Fusion360 操作ガイド 2019 年版 CAM・切削加工編 1/ CAM・切削加工編 2, (2019)
- 4) 有賀康弘, 浪崎安治, 横沢忠志, 高橋民雄: 岩手県工業技術センター研究報告, 2, P31-36 (1995)
- 5) 有賀康弘, 浪崎安治, 横沢忠志, 高橋民雄: 岩手県工業技術センター研究報告, 4, P157-161 (1997)
- 6) 有賀康弘, 浪崎安治, 高橋民雄, 町田俊一: 岩手県工業技術センター研究報告, 6, P137-140 (1999)
- 7) 有賀康弘, 浪崎安治, 横沢忠志, 高橋民雄: 岩手県工業技術センター研究報告, 7, 54 (2000)



# 岩手の産業デザイン資料のアーカイブ化\*

有賀 康弘\*\*、畑 俊\*\*、小林 正信\*\*、小野 陽子\*\*\*、

中小企業の競争力とオリジナリティあふれる商品創出に資することを目的に、岩手県工業技術センターが保有する産業デザインに関する知的資産・資料・収蔵品等を調査収集し、それらを商品開発に活用しやすいデザインソースとなるようデジタル化した。さらにデジタル資料をアーカイブし、産業デザイン情報の閲覧システムを構築した。

**キーワード：産業デザイン、デジタルアーカイブ、岩手県**

## Digital archiving of local design resources stored in Iwate Industrial Research Institute

**ARUGA Yasuhiro, HATA Shyun, KOBAYASHI Masanobu and ONO Yoko**

**Key words : Product design, Digital archiving, Iwate Prefecture**

### 1 はじめに

岩手県工業技術センター（以下、当センター）では、平成31年4月に「IIRI デザインラボ」を設置し、企業への広義のデザイン（ユーザー体験を含む価値創造プロセス）による商品開発支援に取り組んでいる。

商品開発の動機や着想を得る手掛かりの一つに、歴史・文化に育まれてきた素材や伝統的技術等の地域資源がある。資源を有効活用し、競争力あるものづくりの開発支援を進めていくために、既存の地域資源の再認識、あるいは地域資源の開拓等の情報について、デザイン（狭義ではない）の動機や着想源として活用しやすい仕組みが求められる。当センターには商品開発に活用できる研究成果や資料が保存されているが、地域資源として活かせる形態での情報蓄積がされていないという課題がある。保存資料の情報を活用できるようにすることで、新たなイノベーション、社会の活性化につながることを期待される。近年、資料をデジタル化し、インターネット上で電子情報として共有・利用できるデジタルアーカイブが多数構築されている。デジタル化することで、必要な情報を素早く検索することが可能となり、歴史的資料のような易損品の保全対策にも有効である。

本研究では、当センターの産業デザイン関連の成果物や保有する資料等を事例として、商品企画やデザインの創出等に活用することを目的としたデジタルアーカイブ構築を試みた。

### 2 研究方法

デジタルアーカイブの構築を図1に示した工程で進めた。

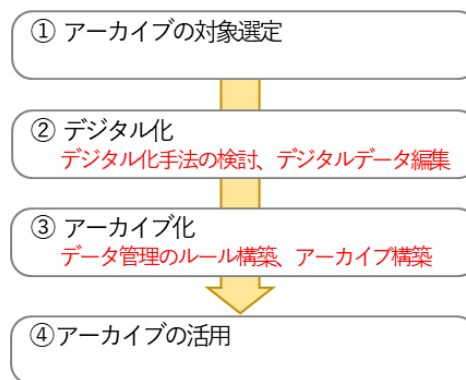


図1 デジタルアーカイブの工程

#### 2-1 アーカイブ対象の選定

当センターに保存されている産業デザイン資料（研究・技術資料、出版物、製品試作物、収集品等）を調査し、商品開発の参考として有用と思われるものをアーカイブの対象として選定した。

#### 2-2 産業デザイン資料のデジタル化

##### 2-2-1 デジタルコンテンツの作成

産業デザイン資料について、表1の方法でデジタル化した。デジタル化にあたっては、対象物の形態や使用目的を考慮しながら特定の機器（システム、メディア）等に依存しないファイル形式とした。このデジタルコンテンツの品質は、閲覧時の機器の表示能力によるところもあるが可能な限り高品質とした。

デジタルコンテンツの第三者の利用も想定されるため、著作権等の権利の取り扱い、保護について確認を行った。

\* 令和2年度 技術シーズ創生研究事業 プロジェクトステージ

\*\* 産業デザイン部、\*\*\* 岩手県立産業技術短期大学校

**表1 デジタル化に使用した装置**

対象物	工業・工芸、製品試作物等の立体資料
装置名	デジタル一眼レフカメラ (Canon EOS 9000D)
ファイル形式	JPG、解像度 300dpi
対象物	書籍、印刷物等の平面資料
装置名	フラットベッドスキャナ (エプソン ES-8500)
ファイル形式	PDF、解像度 600dpi
対象物	書籍等及びそれらの易損品
装置名	ブックスキャナ (富士通 ScanSnap SV600)
ファイル形式	PDF、解像度 600dpi
対象物	工業・工芸、製品試作物等の立体資料
装置名	360° 自動回転撮影システム (Ortrex PhotoCapture360)
ファイル形式	JPG、解像度 300dpi

**表4 閲覧システム開発環境**

(岩手県立産業技術短期大学校)

OS	Windows10
実行サーバー	xampp
WEB サーバー	Apache2
DB	MySQL
使用言語	PHP7・HTML5

**3 結果及び考察**

**3-1 アーカイブ対象の選定**

産業デザインに関する資料は図2の例のように形態が様々で、保管場所も展示室、図書室、試験室、デザインラボ、倉庫などに分散していた。それらの中から表5に示した資料をアーカイブの対象に選定した。

**2-2-2 メタデータの作成**

デジタルコンテンツについて、テキストデータによって付帯情報(メタデータ)を作成した。メタデータは表2のようにタイトル、作者(人物)、日付(時代)、場所を必須情報とし、情報検索の際にヒットする可能性を増すような特徴的な付帯情報をできるだけ付記した。また、資料のサムネイル画像を付した。メタデータの作成にはMicrosoft社のExcelを使用した。

**表2 メタデータの記述方法**

管理番号 (識別子)	タイトル	作者	製作 時期	場所	素材	保管 場所	サム ネイル	images				備考
								6views	3d_scan	rotate	PDF	
000001	染西彫刻模様資料	小野政次郎	大正14年4月27日	日本	0	Dei		0	0	0	1	木材工芸学館 222×158×20

**2-3 アーカイブ構築**

デジタルコンテンツを利活用するためのデジタルアーカイブの構築を行った。当センターから構築するアーカイブのコンセプトとシステム要件(表3)を岩手県立産業技術短期大学校情報技術科(以下、産技短)に提示し、収集したデジタルコンテンツとメタデータを提供した。アーカイブ閲覧システムは産技短内の開発環境(表4)で構築し、完成後に当センターのアーカイブ用サーバーに移植した。

**表3 システム要件**

①	データベースとの連携が可能なこと。
②	データ管理(追加削除等の編集)が容易なこと。
③	各種端末・各種ブラウザへ対応とすること。
④	ユーザビリティに配慮すること。
⑤	セキュリティ。デザインラボの既存ネットワークを利用すること。データベースの閲覧、管理のためのデバイスはPC、タブレットを使用すること。
⑥	WEBシステム、閲覧サイトは、資料の著作権保護のため当センター内部に限定した利用を想定すること。



**図2 保管されている資料例**

**表5 アーカイブ対象**

種類	内容	数量
旧蔵図書	明治～昭和の易損品	50
蔵書	デザイン・工芸に関する参考図書、出版物	500
旧蔵参考品	南部鉄器(鉄瓶・湯釜)、漆器、陶磁器等	23
試験研究・支援成果品	工業技術センター報告書、試作品、商品等	51

### 3-2 産業デザイン資料のデジタル化

#### 3-2-1 デジタルコンテンツの作成

アーカイブ対象の資料について、それぞれの形態に適した方法で撮影、読み取りを行い、取得したデジタルファイルは、Photoshop によりファイル形式を調整してデジタルコンテンツとした。

デジタル一眼レフカメラは、主に立体資料の撮影と、例えば、サイズが A3 サイズ (297×420mm) を超える大判ポスターのようにフラットベッドスキャナでは対応できない資料の撮影に適している。試験研究・技術支援成果品のうち工業製品や工芸品などの立体資料は、左右前後上下の 6 方向から見た画像を撮影した。また、南部鉄器や漆器等については、360° 自動回転撮影システム (図 3) を併用し、資料の全体像と文様や細部の確認ができるように全周画像を撮影した (図 4)。

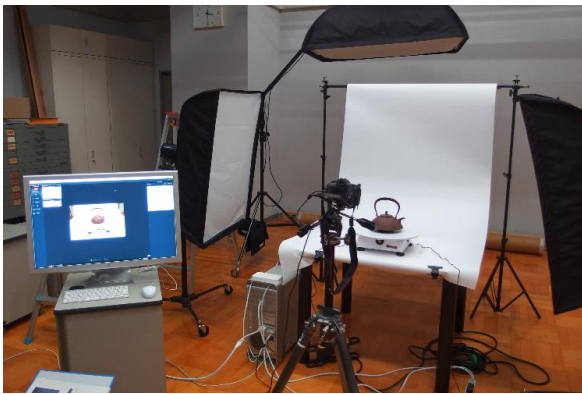


図 3 資料のデジタル化作業 (360° 自動回転撮影)



図 4 南部鉄器 (鉄瓶) 全周画像の例 (抜粋)

フラットベッドスキャナは、古い装丁の綴じられていない肉筆の画帖、図案集等の読み取りに用いた。

ブックスキャナは図書類や和装本 (和綴じ本) の読み取りに使用した (図 5)。特に、岩手県の産業支援機関であった岩手県物産館 (大正時代) の参考書等の資料は全ページ画像を PDF ファイル化した。これは、資料の保護、保全にも貢献する。ブックスキャナは資料を非接触で読み取りできるため、易損品にダメージを与えず撮影することができた。



図 5 資料のデジタル化作業 (ブックスキャナ)

#### 3-2-2 メタデータの作成

デジタル化した資料のメタデータのうち南部鉄器の一部を表 6 に、旧蔵図書の一部を表 7 に示した。南部鉄器には、必須情報のほか湯釜、鉄瓶の種類、寸法 (全体高さ、本体幅)、保管場所、鋳銘 (本体に記される作者銘) の画像情報を加えた。旧蔵図書には、出版年、出版元、寸法、価格の情報を加えた。その他の蔵書には、図録・カタログ・機関誌等の種類やクラフトデザイン・プロダクトデザイン・素材等の内容に関するキーワードを加えた。

### 3-3 アーカイブ構築と閲覧システム

作成された閲覧システムの概要を図 6 に、機能及びユーザー別の権限を表 8 に示した。閲覧システムのパソコン上での表示画面を図 7~図 10 に示した。トップ画面 (図 7) には、キーワード検索の入力とアーカイブされた資料のカテゴリのボタンが示されており、いずれかを選択するとカテゴリに対応する資料の一覧が表示される (図 8)。また、管理者等のユーザー別のログイン操作もトップ画面で行う。資料の一覧表示では、各資料のサムネイル、タイトル作者名が確認でき、詳細閲覧ボタンを選択すると資料単独の情報を見ることができる (図 9)。さらに旧蔵図書の場合は、表紙、裏表紙を含めた全ページの PDF ファイルを見ることができる (図 10)。



表6 南部鉄器のメタデータ (一部)

管理番号	種別	品名	作者	収蔵内容	銘	寸法(ミリ)	保管場所	保管確認日	画像1	画像2
1	鉄瓶	大糸目文焼口平丸形鉄瓶	九代小泉仁左衛門	本体ふた	有	全体高200 本体高92 本体巾160	3F DC倉庫	H15.12.1		
2	湯釜	梅花図釜	三代高橋萬治	本体ふた	有	本体高200 本体巾225 全体巾275	3F DC倉庫	H15.12.1		
3	湯釜	宝珠形霰釜	三代高橋萬治	本体ふた	有	本体高180 本体巾255	1Fロビー	H15.12.1		
4	湯釜	四方形湯釜	内藤久次郎	本体ふた	有	本体高162 本体巾162 全体巾190	3F DC倉庫	H15.12.1		
5	鉄瓶	鬼霞文焼口丸形鉄瓶	内藤久次郎	本体ふた	有	全体高208 本体高95 本体巾160	3F DC倉庫	H15.12.1		

表7 旧蔵図書のメタデータ (一部)

管理番号	画像	書名	著者名	出版元	出版年	価格	大きさ	冊数
1		築西彫刻模様資料	小野政次郎	木材工藝學會	T14.4.27	頒価不明	222×158×20	1
2		電燈照明器具意匠集	装飾研究会	装飾研究会	T15	頒価不明	247×185×22	1
3		人種文紋様(上代日本の部)	大野雲外	合名會社芸艸堂	M40.11.10	頒価不明	190×281×15	1
4		和風電燈器具図集	不明	装飾研究會	T15	頒価不明	149×228×11	1
5		茶之湯釜圖録	香取秀眞	東京鑄金會棧	T3.12.1	頒価不明	229×310×10	1

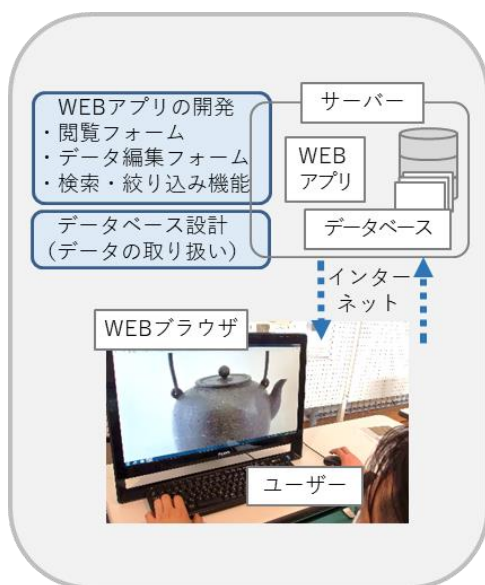


図6 閲覧システムの概要

表8 閲覧システムの機能

機能	内容	ユーザー権限	
		管理者	一般
データ検索機能	・キーワード検索 ・カテゴリー検索	○	○
検索結果一覧表示	・品名とサムネイル表示	○	○
検索結果詳細表示	・詳細データの表示と印刷		○
閲覧履歴	・閲覧履歴の保存	○	-
ログイン機能	・名前、ID、パスワード ・システム管理、データ管理 ・スタッフ登録	○	-
データ編集機能	・データの更新、追加、削除	○	-

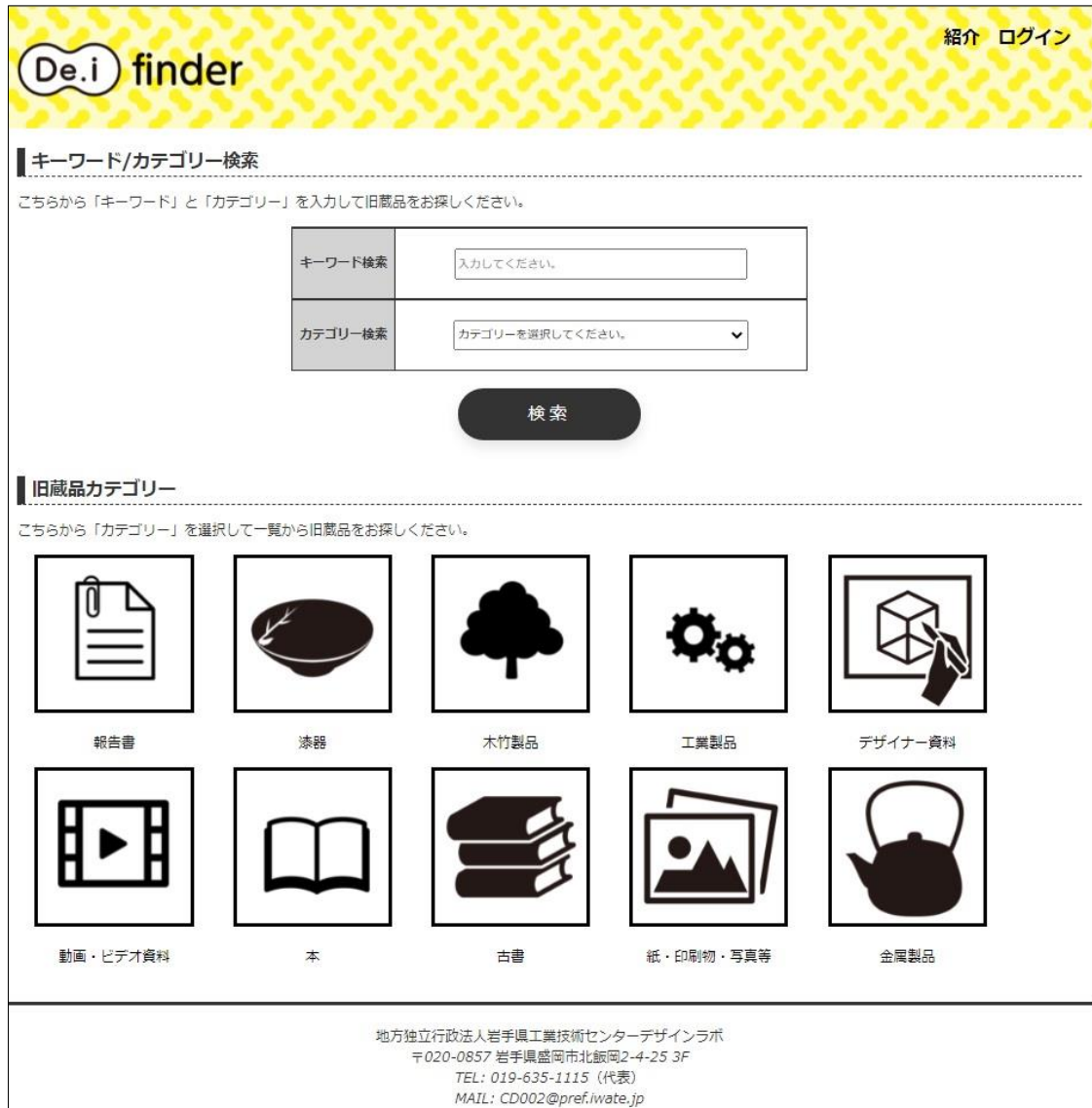


図7 閲覧システムトップ画面（ホーム兼検索画面）



図8 閲覧システム（漆器資料の一覧表示画面）



タイトル	茶の湯釜圖録
タイトルよみ	ちゃのゆがますろく
種別	図録
制作者	香取秀眞
制作者よみ	かとりほすま
制作場所	東京鑄金會棗
製作時期	大正13年12月1日発行
材質	紙
サイズ	229×310×10

図9 閲覧システム (旧蔵資料の詳細表示画面)

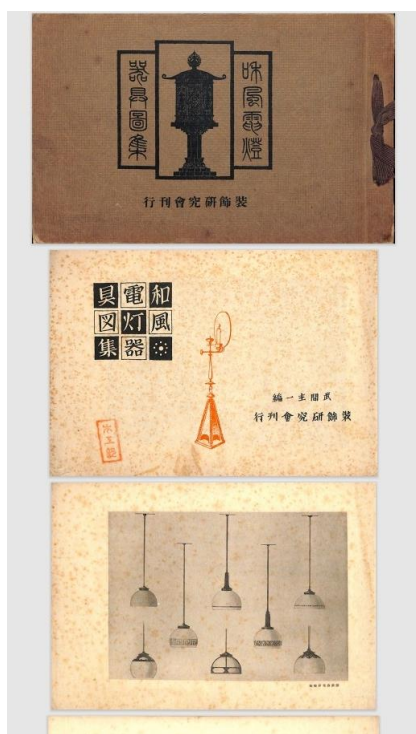


図10 閲覧システム (旧蔵書資料の全ページ表示画面)

#### 4 おわりに

当センターが保有する産業デザインに関する資料や成果を調査し、デジタル化した。その結果、明治時代から昭和時代の旧蔵図書50冊、デザイン・工芸に関する参考図書500冊、南部鉄器、漆器等の旧蔵参考品23点、試験研究・技術支援成果品51点をデジタルコンテンツとすることができ、それら閲覧するためのアーカイブ化と閲覧システムを構築した。産業デザイン資料がデジタル化されることによって閲覧が容易になり、多くの資料に短時間で接することができる。さらにこれまで当セン

ターの職員しか知り得なかった資料に接する機会を増やせるなど、情報を求めている企業等に適切な資料を提供するサービスとスピードが格段に向上することがわかった。当センターの保有する情報、過去のコンテンツがオープンな地域資源として活かされ新しい価値の創出につながることを期待される。

#### 謝 辞

閲覧システムの構築にあたり、卒業研究として取り組んでいただいた岩手県立産業技術短期大学校情報技術科の川井一輝様、昆野ひいろ様、八幡大聖様、山内拓巳様に御礼申し上げます。

#### 文 献

- 1) 佐藤博紀ほか：日本デザイン学会デザイン学研究，山梨県固有のデザインソースの編集とアーカイブ構築 (2015)
- 2) デジタルアーカイブの連携に関する関係省庁等連絡会・実務者協議会：デジタルアーカイブの構築・共有・活用ガイドライン (2017)
- 3) 総務省：デジタルアーカイブの構築・連携のためのガイドライン (2012)
- 4) 凸版印刷株式会社：デジタルアーカイブの手法と実例 (2017)
- 5) 東京大学大学院・凸版印刷株式会社共同研究：文化資源のデジタル化に関するハンドブック (2011)
- 6) 川井一輝ほか：岩手県立産業技術短期大学校情報技術科令和2年度卒業研究報告，岩手デザインアーカイブの構築 (2021)
- 7) 岩手県立産業技術短期大学校情報技術科令和2年度卒業生：De. i finder マニュアル ver. 2 (2021)

# 県内中小企業とデザイン人材のマッチング手法の構築\*

永山 雅大\*\*、高橋 正明\*\*、小林 正信\*\*、近藤 信一\*\*\*、三好 純矢\*\*\*

企業がデザインを活用することにより、企業の産業競争力向上に寄与するとされている。しかし、調査の結果、岩手県内の中小企業（製造業）においては、デザインを活用するための体制が十分でないことが明らかとなり、2019 年度に「岩手発〔地方版〕デザイン経営」モデルを構築した。

本研究では、同モデルの社会実装を進めるため、岩手県内企業とデザイン人材をマッチングするために必要となるマッチングフレームを検討し、マッチングシート及びデザイン人材データベースを構築した。

**キーワード：デザイン、デザイン経営、商品開発**

## Construction of matching system between small and medium-sized enterprises and designers in iwate prefecture

NAGAYAMA Motohiro, TAKAHASHI Masaaki, KOBAYASHI Masanobu,  
KONDO Shinichi and MIYOSHI Junya

**Key words : design, design management, product development**

### 1 はじめに

経済産業省と特許庁は、平成 30 年 5 月 23 日に報告書『「デザイン経営」宣言』<sup>1)</sup>を公表した。その中で、企業経営においてデザインを経営資源として活用し、ブランド力とイノベーション力を高めることによる、企業の産業競争力向上が提言された。

そこで、当センターでは、岩手県内企業のデザイン活用を進めることを目的とし、企業のデザイン活用の現状把握とデザイン経営の導入方法について、岩手県立大学と共同研究を行った。その結果、県内中小企業では、デザイン経営を導入している事例は少なく、社内にデザイナーを持つ企業がほとんどいない現状が明らかになった<sup>2)</sup>。また、デザイン経営を推進している全国的な先端企業及びデザイン経営を進める意欲のある県内中小企業へのインタビ

ュー調査に基づき、県内中小企業が社外デザイナー等を活用してデザイン導入を進めることが可能な体制を、「岩手発〔地方版〕デザイン経営モデル」（図 1）（以下「岩手デザイン経営モデル」という）として構築した<sup>3)</sup>。

本研究では、岩手デザイン経営モデルの社会実装を進めるため、企業とデザイン人材をマッチングする仕組みを検討した。なお、デザイン人材とは、本研究で対象とするデザイン領域（狭義・広義・経営のデザイン）に取り組むことができる人材を指す。

### 2 研究方法

#### 2-1 デザイン人材マッチング手法の検討

本研究では、導出された岩手デザイン経営モデルを検証する社会実装研究に先立ち、岩手県内企業と

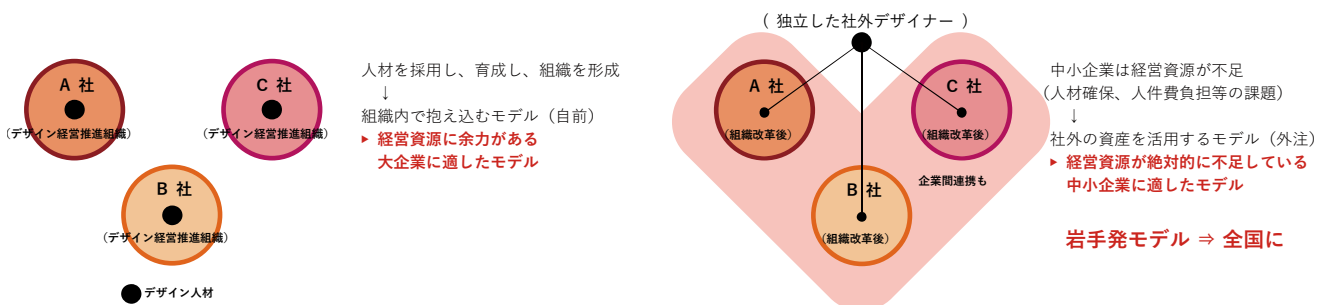


図 1 国の「デザイン経営宣言」のモデル（左）と「岩手発〔地方版〕デザイン経営」モデル（右）

\* 令和 2 年度 技術シーズ創生研究授業 プロジェクトステージ、令和 2 年度公立大学法人岩手県立大学地域政策研究センター地域協働研究（ステージ I）

\*\* 産業デザイン部

\*\*\* 公立大学法人 岩手県立大学 総合政策学部



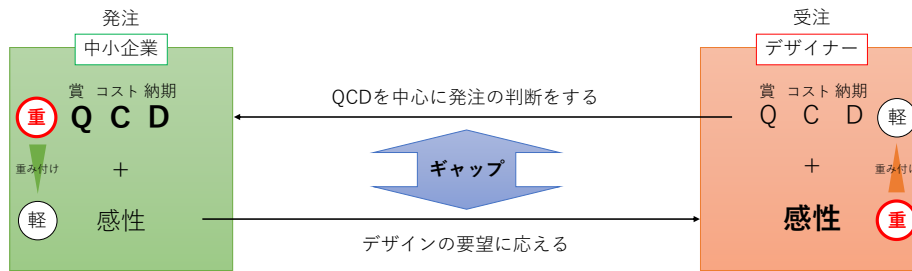


図2 中小企業とデザイン人材との重み付けのギャップイメージ

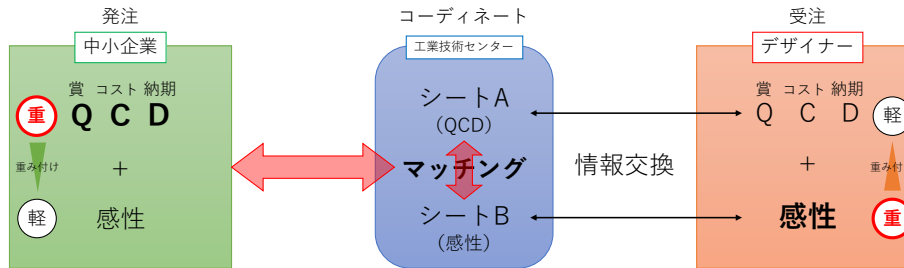


図3 中小企業とデザイン人材のマッチングのフレームワーク

デザイン人材をマッチングするための手法の検討を行った。

手法の検討は、企業とデザイン人材がマッチングした際に起こる問題（不具合）の発見と対処方法について、近藤は経営、三好はマーケティング、当センター産業デザイン部はデザイン、それぞれの観点から意見交換を行い、整理された情報を元にフレーム化した。必要に応じて、岩手大学人文社会科学部インダストリアルデザイン研究室田中隆充教授、岩手県内在住のデザイン人材との意見交換を実施して進めた。

### 2-2 デザイン人材マッチングシートの構築

2-1 で検討したデザイン人材マッチングの手法を活用するための様式（マッチングシート）を構築した。

初めに、個人情報・デザイン情報・感性情報の洗い出しを行った。次に、洗い出した項目を有効活用できる形態（サイズ、構成、データ形式等）について検討した。さらに、様式の運用方法についても設定した。

試作したマッチングシートは、岩手大学田中教授や県内在住のデザイン人材との意見交換を基に完成度を高めた。

### 2-3 デザイン人材 DB の登録と運用

2-2 で構築したマッチングシートを活用しデザイン人材登録を行った。

デザイン人材の登録人数は、岩手県内企業がデザイン人材を選ぶ際に選択肢が必要となることから、マッチングに必要最低限の登録者数として、15人

程度を想定した。デザイン人材の分野は主にプロダクト系とし、岩手県とのゆかりなど、地域とのつながりも重視した。

デザイン人材の募集は、当センター産業デザイン部及び岩手大学田中教授の所有するデザイン人材情報を元に行った。

## 3 結果及び考察

### 3-1 デザイン人材マッチング手法の検討

筆者らは、マッチングの手法構築に際し、企業とデザイン人材間に起こりうる問題について意見交換を行った。その結果、企業とデザイン人材それぞれが求める内容の重要度に違いがあると考えた。すなわち、企業はQCD(quality cost delivery:品質、コスト、納期)を重要視し、デザイン人材は感性を重要視する(図2)。このギャップが、企業担当者とデザイン人材間のコミュニケーションギャップ(デザイン用語の解釈の差異)の一因と考えた。そのギャップを解消することで、マッチングの精度向上が図れると仮定し、本研究におけるマッチング手法を構築した(図3)。

構築したマッチング手法では当センターが仲介役となり、企業とデザイン人材が抱えるギャップを調整し、なおかつプラットフォームの役割を担う。それにより、企業とデザイン人材の双方共にパートナーを探索するコストや負担が軽減する。

さらに、効率的なマッチングを行うために、QCDと感性それぞれに応じたシートを用意することが望ましいと結論づけた。

なまえ 名前	所属	作品事例 (ピックアップポートフォリオ)	
No Photo	出身地: 岩手県盛岡市	南部鉄瓶の新商品開発	お酒ブランディング/デザイン
	出身学校: ○○芸術大学 岩手県とのつながり	開発期間 ○年○月～○年○月 デザイン内容 ・鉄瓶デザイン ・広幅用パンフレット製作	開発期間 ○年○月～○年○月 デザイン内容 ・ブランディング ・パッケージデザイン ・イメージグラフィック ・ロゴ/商品名提案 ・広幅用写真撮影監修
経歴		コップラットを使用した新商品開発	
実績		開発期間 ○年○月～○年○月 デザイン内容 ・デザイン企画 ・商品パッケージ提案 ・各商品アイデア提案 ・各商品企画納品 ・完成品品質確認 (初回)	
資格・受賞歴	プロダクトデザイン検定1級 グッドデザイン賞 (2005年)	木製ソリ	弾性を活かしたチェア
所属団体	(公社) 日本インダストリアルデザイナー協会 (公社) 日本パッケージデザイン協会	デザインに関する備考	デザインラボ担当者
心掛けているキーワード (例: 機能的、前向き、親切、計画性、コミュニケーション)			
デザイン報酬事例 (参考)			
備考			

図4 マッチングシート (左: デザイン人材情報登録用紙、右: デザイン人材ピックアップポートフォリオ用紙)

### 3-2 デザイン人材マッチングシートの構築

マッチングシートは、図3のフレームに習い、QCDと感性を有効に働かせるため、2枚構成とした。マッチングシートのサンプルを図4に示す。

1枚は、QCDを中心とするデザイン人材情報登録用紙(A4判)(以下「人材情報用紙」とする)とし、名前、所属、顔写真、出身地、出身学校、過去の経歴、実績、などの基本情報の他、本用紙の特徴として「心掛けているキーワード」、「岩手県とのつながり」を記入する欄を設けた。

もう1枚は、感性を中心とするデザイン人材ピックアップポートフォリオ用紙(A3判)(以下「ポートフォリオ用紙」とする)とし、デザイナーがフリーレイアウトで作品実例を掲載する。

企業とデザイン人材それぞれが求める内容の重要度の違いに着目したことにより、QCDと感性それぞれの要素を明確に分け運用することが可能となった。

マッチングシートの運用方法を説明する。初めに、デザイン人材との協業を考える企業からの要望により、登録者全員のポートフォリオ用紙を提示する。その中から、企業側では、商品開発の内容に沿った感性(イメージ)の用紙を選択する。その後選んだポートフォリオ用紙とリンクする人材情報用紙によりデザイン人材の人物像やこれまでの経歴等の確認を行い、人材の絞り込みを行うこととした。データ形式は、Excel形式およびNumbers形式とし、デザイン人材が使用しやすいデータ形式を選択できるようにした。管理の観点(ナンバリングやデータの閲覧、保管など)から、その他の形式は使用し

ないこととした。

企業は、人づての紹介や、デザイン人材が自ら用意した資料を見てデザイン人材との協業に入るため、イメージの不一致や人材の力量を見誤ることが問題となるケースもある。本研究の方法では、マッチングシートで確認すると共に、岩手県内企業とデザイン人材を繋ぐ役割に岩手県工業技術センターが入ることで、双方のギャップが少ないマッチングが可能と考える。

### 3-3 デザイン人材DBの登録と運用

デザイン人材DBは、R3年9月時点で16名が登録完了した。登録したデザイン人材の所在地は、岩手県4名、宮城県5名、埼玉県3名、東京都2名、神奈川県1名、静岡県1名となっており、いずれの人材も岩手との繋がりがある方である。

デザイン人材の情報を集めるにあたり、プロダクト系のデザイン人材は多くの人を集めにくい現状が浮き彫りとなり、岩手県とのゆかり、地域との繋がりを条件とした場合には、隣県及び関東圏まで範囲を広げても少数であることが分かった。

この理由は、プロダクト系のデザイン人材は、多くがインハウスデザイナーとして活動しているため、フリーで企業と協業出来る人材が少ないためであると考えた。

また、大学等の高等教育機関に所属するデザイン人材は所属機関の方針により、外部での個人活動の制約に差がある。

## 4 おわりに

本研究では、岩手デザイン経営モデルの実用化に



向けた社会実装に必要となる、岩手県内企業とデザイン人材をマッチングするためのフレームを定め、マッチングシート及びデザイン人材データベースの構築を行った。

マッチングシートについては、人材情報用紙とポートフォリオ用紙の2つの様式を用いることで、企業とデザイン人材との間に存在するギャップに対し有効に対処し、確度の高いマッチングを行うことが可能になると考える。

人材情報用紙は、「心掛けているキーワード」、「岩手県とのつながり」を記入する欄を設けたことにより、QCDの確認が出来ると共に、信頼性や安心感を高められる点が特徴である。

ポートフォリオ用紙はデザイン人材が自由にレイアウトを行えるため、これまでのデザイン実例を確認出来ると共に、それぞれのデザイン性が見える様式となった。

人材DBについては、人材情報の収集が難航した部分もあるが、想定した人数を集めることは出来た。また、岩手県周辺及び東北地域には企業と協業出来るプロダクト系のデザイン人材がほとんどいない現状も明らかとなったため、構築した人材DBは、岩手県内企業（特に製造業）にとって有益であると考えられる。

今後は、2019年度に構築した「岩手デザイン経営モデル」と本研究のマッチングシート・人材DBを活用し、岩手県内企業とデザイン人材の協業によるマッチングと新商品開発の社会実装研究を行う。さらに、岩手県内企業への「デザイン経営」の普及啓発と、当センターデザインラボの支援機能強化に取り組む予定である。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、ご助言及び情報提供頂いた岩手大学田中隆充教授、ヒアリング調査にご協力いただいた県内のデザイン人材の方々、その他関係各位に深く感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 経済産業省・特許庁 産業競争力とデザインを考える研究会－報告書 (2018)
- 2) 地方独立行政法人 岩手県工業技術センター 研究報告 第23号 県内中小企業におけるデザイン活用に関する調査 (2021)
- 3) 地域協働研究 研究成果報告集 8【平成30年度ステージⅡ/平成31年度 ステージⅠ・Ⅱ】 岩手県立大学研究・地域連携室 pp64-65 (2020)

# 一般的な醸造法による減塩醤油の発酵試験\*

畑山 誠\*\*

濃口醤油と同じ一般的な醸造法で減塩醤油を造るには、原料となる塩水の食塩濃度を下げ、その使用量を減らす必要がある。その場合、腐造などのリスクがあるためどの程度まで減らすことが可能かを検討した。その結果、食塩濃度15%の塩水を9水（濃口醤油製造の75%量）使用し諸味を仕込み、発酵初期の品温を15℃とすることで目的とする品質の減塩醤油を造ることが可能となった。

**キーワード：醤油、減塩、一般的な醸造法**

## Fermentation test of reduced salt soy sauce using ordinary brewage

HATAKEYAMA Makoto

**Key words : soy sauce, reduced salt, ordinary brewage**

### 1 緒言

県内醤油業界は醤油の低塩化に取り組んでおり、県内企業数社が協力してうす塩醤油「いわて健民」を製造販売している。さらに食塩濃度を濃口醤油の半分まで減らした減塩醤油の製造を希望する企業もある。

市販されている減塩醤油の多くは、濃口醤油から膜処理により食塩だけを分離除去し製造されている。これには脱塩装置等の設備が必要であり、維持管理の手間とコストを要する。脱塩装置を使用せず、濃口醤油と同じ一般的な醸造法により減塩醤油の製造が可能であれば企業も取り組みやすいと思われる。

単純に塩水の食塩濃度を半分にして醸造した場合は、雑菌の影響で酸敗や腐敗する可能性がある。これを解決する方法として、醤油諸味が腐造しない程度に食塩濃度と塩水使用量をバランス良く減らして仕込み、発酵熟成が終わったあとで減塩醤油として認められる食塩濃度まで水を加えて希釈する方法が考えられる。そのためには濃口醤油の醸造より塩水量をどこまで減らすことが可能か、さらに食塩濃度をどこまで下げることが可能かを試験する必要がある。塩水量を減らしすぎると醤油諸味の流動性が失われ実際の製造現場での諸味管理や圧搾が非常に難しくなる。また、食塩濃度を下げすぎると諸味の発酵を担う耐塩性乳酸菌(*Tetragenococcus halophilus*)と耐塩性酵母(*Zygosaccharomyces rouxii*)以外の微生物が増殖し諸味が腐造する可能性が高くなる。本試験では、これらの危険を避け可能な限り少ない塩水使用量および低い食塩濃度の条件を検討した。

また、高品質な醤油を安定的に製造するために純粋培養した優良な乳酸菌と酵母の添加が行われている。諸味が揮発性アミン類生産乳酸菌が増殖することへの対処

としても有効である。濃口醤油の場合は諸味仕込み日に乳酸菌を添加し、諸味pHを測定しながら仕込み1ヶ月目くらいに酵母を添加するのが一般的であるが、食塩濃度の低い塩水を使用し製造する場合は乳酸菌の増殖が早くなり、それに伴い乳酸生成量が増え醤油諸味が酸味過多になる可能性が考えられる。これを回避する方法として、酵母の添加時期を早めて乳酸菌の増殖を抑制する、あるいは乳酸菌の添加量を減らす方法が考えられる。しかし乳酸菌添加量を減らすことは醤油製造工場における揮発性アミン類生産乳酸菌の増殖抑制対策の面から望ましくない。そのため本試験では酵母の添加時期を早めることで乳酸菌の増殖を抑制することが可能かを検討した。

本試験で造る減塩醤油の目標値は、しょうゆ JAS 特級クラスの全窒素 1.50 以上、食塩濃度 8%と設定した。

### 2 実験方法

#### 2-1 原材料

醤油諸味原料として、醤油麹は(株)八木澤商店が脱脂大豆と小麦から製造した麹を、塩水原料は食塩と水道水を使用した。供試微生物は当センター保有の醤油乳酸菌 M-43 および D-5 と醤油酵母 RS-1 を使用した。

#### 2-2 微生物培養と添加量

乳酸菌および酵母の培養培地組成は表1の通りである。乳酸菌培地は調製後、高圧滅菌・冷却し 2N 水酸化ナトリウム溶液で pH6.5 に調整し、種菌を植菌し 30℃で 5～7 日間培養した。なお培養中の培地 pH は水酸化ナトリウム溶液自動滴下により pH6.5 に保持した。

酵母培地は調製後、高圧滅菌・冷却し、種菌を植菌し 30℃で 3 日間振とう培養した。

醤油諸味に、乳酸菌培養液を諸味量の 1 万分の 1 量、

\* 平成 30 年度～令和 2 年度 技術シーズ創生研究事業 育成ステージ

\*\* 醸造技術部

酵母培養液を千分の1量添加した。

表1 微生物培養の培地組成

微生物	組成 (%)		
	生醤油	食塩	ブドウ糖
乳酸菌	20	15	1
酵母	20	15	5

\* 組成は W/V

### 2-3 醤油諸味の仕込み試験1

醤油麹 500 g に対して食塩濃度 15% または 20% の塩水を 540ml (8 水)、610ml (9 水) あるいは 680ml (10 水) 使用し諸味を仕込んだ。全ての試験区で乳酸菌 M-43 を仕込み日に添加、醤油酵母 RS-1 を仕込み日から 4 週目に添加した。初め発酵熟成温度を 15℃ とし 1 か月経過後、品温を 30℃ としさらに 1 か月経過後させ、2 ヶ月目を以降品温を 25℃ としトータルで 3 ヶ月間熟成を行った。

### 2-4 醤油諸味の仕込み試験2

5 試験区全ての諸味で、醤油麹 500 g に対して食塩濃度 15% 塩水を 610ml (9 水) 使用し仕込み、乳酸菌 D-5 を仕込み日に添加した。試験区ごとに醤油酵母 RS-1 を仕込み初日 (YOW) から 4 週目 (Y4W) まで 1 週間おきに添加した。初めから発酵熟成温度を 30℃ とし 2 ヶ月間経過後、発酵熟成温度を 25℃ としトータルで 5 ヶ月間熟成を行った。

### 2-5 諸味管理

諸味管理において初めの 2 ヶ月間は毎日糶入れを行った。食塩分が低い諸味には産膜酵母が増殖し易く、増殖すると濃口醤油以上に著しい品質低下を招くため糶入れ作業を徹底した。

### 2-6 醤油の製成

熟成を終えた諸味はアドバンテック製ガラスフィルター GA100 を用いて醤油と醤油粕に濾過分離した。その後、減塩醤油の規格である食塩分 8% (濃口醤油食塩分の 50% 濃度) まで加水希釈した。

### 2-7 分析ときき味

乳酸はメルク製リフレクトクアント乳酸テストを用いて測定し、他の項目はしょうゆ試験法<sup>1)</sup>に準じて分析した。きき味は火入れを行わず生醤油のまま実施した。

## 3 結果及び考察

### 3-1 仕込み試験1 適正な食塩濃度と塩水量

諸味を濾過した生醤油の分析値および食塩濃度 8% まで加水希釈した場合の乳酸と全窒素の計算値を表 2 に示す。

試験区間で乳酸値に多少のバラツキはあるものの pH はほぼ変わらない値であった。仕込み日から 1 ヶ月間を 15℃ と低温においたため塩水の食塩濃度が異なっても試験区間で乳酸菌の増殖に大きな差がでなかったためと思われる。製成した生醤油を食塩分 8% まで加水した場合の成分値を計算したところ全窒素 1.50% 以上という目標を達成できる試験区は塩水の食塩濃度 15%、使用塩水量 610ml (9 水) だけであった。濃口醤油製造では、食塩分 22.5% 塩水を 12 水使った仕込みが一般的である。これと比較すると食塩濃度で 33% 減、塩水量で 25% 減となり、仕込みに使用する食塩量は濃口醤油の 50% となった。

加水調整した減塩醤油をきき味したところ、全窒素が高い試験区ほど旨味が強く感じられ、乳酸が多い試験区ほど酸味が強く感じられた。牛島ら<sup>2)</sup>によると市販本醸

表2 試験1 生醤油の分析値および食塩濃度8%に希釈した場合の計算値

試験区	食塩 (%)	pH	乳酸 (mg/ml)	全窒素 (%)	醤油を食塩8%まで希釈	
					乳酸 (mg/ml)	全窒素 (%)
20% 680ml	15.3	4.65	15.3	2.01	8.0	1.06
20% 610ml	14.6	4.67	18.0	2.13	9.8	1.17
20% 540ml	14.0	4.69	17.5	2.38	10.0	1.36
15% 680ml	11.4	4.65	15.5	2.08	10.9	1.45
15% 610ml	11.0	4.67	16.5	2.24	12.0	1.64

\* 試験区表示は塩水量とその食塩濃度

表3 試験2 生醤油の分析値および食塩濃度8%に希釈した場合の計算値

試験区	食塩 (%)	pH	乳酸 (mg/ml)	全窒素 (%)	醤油を食塩8%まで希釈	
					乳酸 (mg/ml)	全窒素 (%)
YOW	11.2	4.72	10.3	2.01	7.4	1.44
Y1W	11.2	4.63	14.6	2.03	10.4	1.45
Y2W	11.1	4.62	17.8	2.02	12.8	1.46
Y3W	11.2	4.61	12.1	2.01	8.6	1.44
Y4W	11.1	4.61	14.3	1.95	10.3	1.41

\* 試験区表示は酵母 (Y) の添加週 (0~4W)

表4 試験2 減塩醤油きき味結果

(n = 19)

試験区	点数分布				平均点	1番と評価した人数	コメント
	1	2	3	4			
Y0W	2	6	7	4	2.7	3	まろやか、水っぽい、後味が悪い、旨味不足
Y1W	2	9	6	2	2.4	3	酸味程よい、香味調和、味がぼやける、原料臭残る
Y2W	4	9	6	0	2.1	7	濃口に近い、香味調和、酸味程よい ←→ 酸味強い
Y3W	4	7	6	2	2.3	3	まろやか、調和、酸味強い
Y4W	3	4	5	7	2.8	3	香味不調和、酸味強く渋味・塩味が浮く、香味にメリハリがある

\* 試験区表示は酵母 (Y) の添加週 (0~4W)

造濃口醤油中の乳酸量は 2.30~12.64mg/ml でありバラツキがかなり大きい。本試験の減塩醤油の乳酸量は 8.0~12.0mg/ml であり、濃口醤油との比較では高い方に相当する。著しく高いわけではないが、食塩分が低いいため濃口醤油より酸味が強く感じられた。

なお予備試験の段階で、塩水の食塩濃度 10%の仕込みや塩水量 7 水の仕込みも実施したが、前者は諸味が変敗し後者は諸味が硬く圧搾が困難と判断したためこれらの試験区は本試験では採用しなかった。

### 3-2 仕込み試験2 適正な醤油酵母の添加時期

諸味を濾過した生醤油の分析値および食塩濃度 8%に加水希釈した場合の乳酸と全窒素の計算値を表3に示す。

乳酸菌と酵母を仕込み初日に同時添加した試験区 (Y0W) の pH だけが他の試験区より 0.1 程高かったが、他はほぼ同程度であった。乳酸量は試験区 Y0W から Y2W までは酵母添加が遅いほど高い傾向が見られたが、その後大きく増加することはなかった。全窒素は試験区間で大きな違いは見られず、加水するとしょうゆ JAS 特級の 1.50 には達しなかった。本試験では夏場の天然醸造仕込みを想定し、仕込み日から品温 30℃と設定したため試験 1 のような品温 15℃の仕込みよりも乳酸菌増殖が早く、それに伴い諸味 pH の降下が早く、中性プロテアーゼの酵素反応が制限されたと思われる。

岩手県内の醤油製造企業の経営者や技術者および当センター研究員の計 19 名で試験仕込みした減塩醤油のきき味を行った。採点は 4 点法 (1 点良い~4 点悪い) で行い、それぞれの審査員が一番良いと思う醤油を選択した。結果を表4に示す。

一番評価が高かったのは乳酸量が多くしっかり酸味のある 2 週間目に酵母を添加した醤油 (Y2W) であった。

濃口醤油より酸味が強く感じられることを問題と考えていたが、ある程度の乳酸量がある方が好まれる結果となった。乳酸の少ない醤油は味のしまりを欠いて評価が低い傾向にあった。

仕込み試験 1 と試験 2 を比較すると、醤油製造の知見として一般的に言われているように発酵初期の品温を 15℃程度の低めで経過させた方が醤油麹の酵素分解が良好で全窒素が高くなった。天然醸造において本法により減塩醤油を造る場合、夏場の仕込みを避けた方が良いと考えられる。

## 4 結 言

濃口醤油製造と同じ一般的な醸造法で減塩醤油を造るには、原料となる塩水の食塩濃度を下げ、かつ使用量を減らす必要がある。試験の結果、食塩濃度 15%の塩水を 9 水 (一般的な濃口醤油製造の 75%量) で使用し諸味を仕込み、発酵初期の品温を 15℃とすることで全窒素 1.50 以上の減塩醤油を造ることが可能となった。

減塩醤油は食塩分が濃口醤油の半分であるため、口当たりが柔らかくまろやかな味であるのは当然である。しかし、試験 2 のきき味で押し味が足りないと評する審査員も多く、減塩醤油に濃口醤油並みの強い味を求めているようであった。この点は今後の課題として残った。

## 謝 辞

醤油麹を分譲していただいた (株) 八木澤商店様および試作減塩醤油のきき味評価に協力いただいた県内醤油製造企業の皆様に謝意を表します。

## 文 献

- 1) 財団法人日本醤油研究所：しょうゆ試験法 (1985)
- 2) 牛島, 浜田, 神戸：醬研, 8, 2, p58~63 (1982)

## ヤマブドウ新規有望系統の醸造試験\*

平野 高広\*\*、玉川 英幸\*\*

新規有望系統の高森早生系及び佐藤系の醸造適性を既存主力系統の野村系を対照に評価した。果汁・ワインの成分とも対照と遜色がなく、健全に発酵した。高森早生系のワインは果実様の香りとバランスの良い味わいで評価が高く、佐藤系は果実・香草・スパイス様の香りで評価は良好であった。いずれも対照の野村系と同等以上の評価でヤマブドウワインの原料に適していた。

キーワード：ヤマブドウ、ワイン、醸造適性

### Wine suitability of promising *Vitis coignetiae* Pulliat, Yamabudo, clones in Iwate

HIRANO Takahiro and TAMAKAWA Hideyuki

Key words : Yamabudo, *Vitis coignetiae* Pulliat, wine suitability

#### 1 緒言

ヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) は日本列島にのみ自生する野生ブドウの一種で酸味が強くワインやジュースなどに加工されている<sup>1)</sup>。岩手県はヤマブドウ生産量日本一であり、平成 30 年は国内生産量 380 t のうち 235 t を生産している<sup>2)</sup>。岩手県久慈農業改良普及センターによると久慈地方の令和元年のヤマブドウ生産量は 77 t であり日本一の産地と考えられている。同地方唯一のワイナリーである株式会社のだむら 涼海の丘ワイナリーは、平成 28 年に設立された第三セクターであり、同地方のヤマブドウの多くを使用してヤマブドウ 100% の赤・ロゼワインを商品化している。同地方で栽培されるヤマブドウの系統は、主に野村系、葛巻系、山下系、大野晩生系であるが、収穫期が 10 月中下旬に集中することや、病害虫による収量減という課題がある。近年、これらの解決が期待される新規有望系統として高森早生系及び佐藤系が地域農家によって選抜された。高森早生系は極早生で 9 月中旬頃から収穫でき、収穫期の分散が図れる。また、佐藤系はベト病への耐性があり収量の確保・安定化が期待できる。これら新規有望系統のワイン醸造適性が優れていれば、既存系統からの改植によって生産安定化、収量確保が図れ、同地方のワイン産業の発展に繋がると考えられる。そこで、これらの新規有望系統を原料にワインを試験醸造し既存主力系統の野村系と比較することで醸造適性を評価した。

#### 2 試験方法

##### 2-1 供試系統

新規有望系統である高森早生系及び佐藤系、並びに対照として既存主力系統である野村系を供試した。これらは全て令和 2 年に久慈地方の農家が栽培した。

##### 2-2 果汁品質調査

搾汁率、糖度 (Brix)、比重、pH、総酸 (酸度を酒石酸濃度に換算)、資化性窒素量を分析し果汁の品質を調査した。糖度 (Brix) は糖度計、pH は pH メーターを用いて分析した。比重及び総酸は国税庁所定分析法<sup>3)</sup>に準じて、資化性窒素量はエタノールを使用した方法<sup>4)</sup>にて分析した。

##### 2-3 試験醸造

果実を除梗及び破砕し、酸化防止及び雑菌汚染防止のため亜硫酸 30~50 mg/kg を添加した。酵母 Maurivin B (AB Biotek 社製) を添加して品温約 23°C でかもし仕込みにてアルコール発酵 (AF) した。AF 中は朝夕 1 日 2 回もろみを攪拌して果帽を沈めた。AF 開始 2 日目以降で、もろみの pH が 3.0 以上になった時点で乳酸菌用発酵助成剤 Bactiv-Aid2.0 (Chr. Hansen 社製) 及びマロラクティック発酵 (MLF) 用乳酸菌 MBR PN4 (Lallemand 社製) を添加して MLF を開始した。糖度 (Brix) の減少が確認されない時点で AF を終了し、圧搾して、品温 20°C 前後で MLF を継続した。リンゴ酸がほぼ 0 g/l となった時点で MLF を終了し、分子状亜硫酸 0.6 mg/kg 以上となるよう亜硫酸を添加した。その後、澱引き、ろ過及び瓶詰めをしてワインとした。なお、本研究成果を涼海の丘ワイナリーへ技術移転することを前提として、同ワイナリー所長 坂下誠氏と協議の上、試験醸造条件を決定した。

\* 令和 2 年度 ヤマブドウ有望系統の醸造試験業務 県北広域振興局委託業務

\*\* 醸造技術部

## 2-4 酒質調査

酒質調査はワインの成分分析、色調分析及び官能評価にて実施した。

ワインの成分は、比重、総酸（酸度を酒石酸濃度に換算）、アルコール分、エキス分を国税庁所定分析法<sup>3)</sup>に準じて分析した。酒石酸、リンゴ酸及び乳酸は、高速液体クロマトグラフィーにて定量した<sup>5)</sup>。

ワインの色調は、黄色、赤紫色、青色の濃さを表す420nm、520nm、620nmの吸光度（A<sub>420</sub>、A<sub>520</sub>、A<sub>620</sub>）を吸光度計にて測定した。これらは1mmセルにて分析し、10mmセルでの分析値に換算した。また、ワインの色の濃さ Color Intensity (A<sub>420</sub>+A<sub>520</sub>+A<sub>620</sub>) を算出した<sup>6)</sup>。

官能評価は、岩手県工業技術センター職員5名（独立行政法人酒類総合研究所認定清酒専門評価者又は一般社団法人日本ソムリエ協会認定ソムリエの資格を有するもの）が実施し、外観、香り、味及び総合評価の評点、並びにコメントにて評価した。

## 3 結果及び考察

### 3-1 供試系統

供試系統の収穫日及び果実重量を表1に、果実の写真を図1に示す。果実は腐敗や裂果のない健全な状態であった。

表1 供試系統

系統	収穫日	果実重量 (kg)
高森早生系	令和2年10月9日	13.8
佐藤系	令和2年10月28日	13.8
野村系 (対照)	令和2年10月14日	9.7



図1 供試系統果実の写真

### 3-2 果汁品質調査

表2に搾汁率及び果汁の成分を示す。搾汁率は3系統とも約6割であった。糖度は高森早生系及び佐藤系は20弱であった。野村系は収穫期が早かったため12.6と低かった。pHは3弱であり、総酸は17.2~19.2%であった。平成25~27年に調査した同地方産ヤマブドウ6系統の糖度及び総酸は、16.1~20.5及び15~25 g/l<sup>7)</sup>であり、本試験の高森早

生系及び佐藤系の糖度は比較的高く総酸はやや低い値であり遜色がなかった。資化性窒素は3系統とも酵母が健全にAFを行うために必要な最低量約140 mg N/l<sup>8)</sup>を上回っていた。

以上の結果から新規有望系統の果汁品質は良好であると判断した。

表2 搾汁率及び果汁の成分

系統	搾汁率 (%)	糖度 (Brix)	比重 (15/4°C)	pH	総酸 (g/l)	資化性窒素 (mg N/l)
高森早生系	63.1	19.6	1.083	2.8	19.2	249
佐藤系	59.5	19.9	1.085	2.9	17.2	223
野村系	59.3	12.6	1.053	2.8	18.8	316

### 3-3 試験醸造

表3に発酵日数を示す。MLF用乳酸菌は、AF開始2日目以降で、もろみのpHが3.0以上になった時点で添加したため、系統によって添加のタイミングが異なった。AFは7~10日、MLFは7~11日で完了した。全発酵日数は11~16日であり、全系統とも発酵が順調に進んだ。発酵中に欠陥臭は感じられず健全なワインとなった。

表3 発酵開始日及び発酵日数

系統名	AF日数	MLF日数	全発酵日数
高森早生系	8日	10日	16日
佐藤系	10日	11日	13日
野村系	7日	7日	11日

※MLFはAFの途中から開始したため、全発酵日数≠AF日数+MLF日数。

### 3-4 酒質調査

ワインの成分を表4に示す。アルコール分は10.0~10.5%であった。エキス分（ワイン100gに含まれる不揮発性成分の重量(g)）は高森早生系が多かった。ヤマブドウワインの総酸は、果汁の約半分であったが、これは酵母Maurivin Bのリンゴ酸代謝能が高いこと<sup>9)</sup>及びMLFの減酸効果によると考えられる。それでも国産市販赤ワインの総酸の平均値6.3 g/l<sup>10)</sup>に比べヤマブドウワインの総酸は高い値であった。酒石酸と乳酸の濃度は系統によって異なり、酸味の質に影響すると考えられる。なお、MLFによりリンゴ酸はほぼ0 g/lであった。

ワインの写真を図2に、色調の分析結果を表5に示す。高森早生系の色調は濃い赤紫色で、佐藤系及び野村系はやや濃い赤紫色であった。色調の分析結果でも高森早生系は、佐藤系・野村系と比べてすべての吸光度が2倍以上高く、濃い色調であることが分かった。



表4 ワインの成分

系統	比重 (15/ 4℃)	アルコ ール分 (%)	エキ ス分	pH	総 酸 (g/ ℓ)	酒 石 酸 (g/ ℓ)	リン ゴ 酸 (g/ ℓ)	乳 酸 (g/ ℓ)
高森早 生系	0.997	10.5	3.1	3.1	9.7	5.3	0.0	2.9
佐藤系	0.996	10.2	2.6	3.4	7.6	2.9	0.0	3.6
野村系	0.996	10.0	2.6	2.9	9.2	5.6	0.1	1.5



図2 ワインの写真

表5 ワインの色調

系統	A <sub>120</sub> 黄色の 濃さ	A <sub>520</sub> 赤紫 色の 濃さ	A <sub>620</sub> 青色 の濃 さ	A <sub>120</sub> +A <sub>520</sub> +A <sub>620</sub> Color intensity ワインの色の濃さ
高森早生系	10.0	34.8	3.6	48.3
佐藤系	4.6	9.9	1.3	15.8
野村系	4.3	14.8	1.3	20.5

官能評価の結果を図3、コメントを表6に示す。結果、全系統ともヤマブドウの特徴である酸味のあるワインで、総合評価は良（5点）を超える6点以上の評点であった。高森早生系は、甘い果実様の香りと厚みのあるバランスの良い味わいから、香り・味・総合評価の評点が最も高かった。佐藤系は、果実に加え香草やスパイス様の個性的な香りがあり、軽やかな味わいで評価は良好であった。対照の野村系は、花や果実様のはなやかな香りと軽やかな味わいで評価は良好であった。

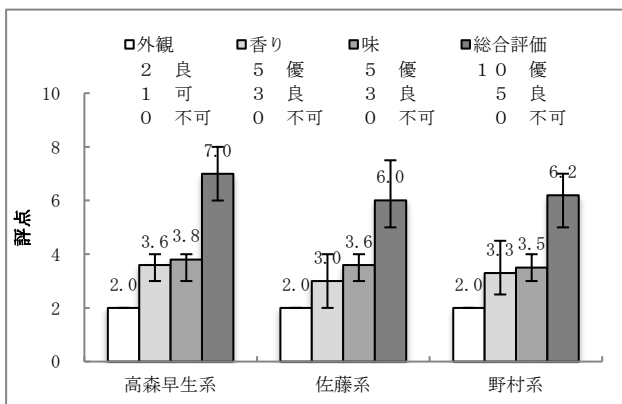


図3 官能評価結果

※グラフ中のバーは評点の最大値及び最小値の幅を示す。

表6 官能評価コメントの要約

系統	官能評価コメントの要約
高森早生系	甘い果実様の香り良好。酸味強いが味に厚み、バランス良い。
佐藤系	果実、香草やスパイス様の個性的な香り。酸味があり軽やかな味。
野村系	花、果実様のはなやかな香り。軽やかな味。酸味強く後味すっきり。

以上の酒質調査の結果、単年度の評価ではあるが、新規有望系統の高森早生系及び佐藤系は、果汁品質及び酒質とも良好で、また香味には各系統の個性があり、ヤマブドウワインの原料に適していると判断した。

### 3-5 今後の展開

新規有望系統の高森早生系及び佐藤系は、選ばれて日が浅いため、まだ収穫量が少ない。よって、今後栽培面積や収穫量の増加に伴い再度醸造適性を調査する必要があると思われる。その場合、栽培地域の気象条件や土壌による品質の違い(テロワール)を把握できると良い。さらに、高付加価値ワインを目指すには、醸造条件の検討も必要であり、発酵温度やかもし期間、酵母、MLF 乳酸菌の他、MLF 開始時期や木樽熟成などの条件の最適化が重要であると思われる。今後も岩手県久慈農業改良普及センターや涼海の丘ワイナリーと連携し県産ヤマブドウワインの品質向上に繋がる取組みを継続したい。

## 4 結 言

久慈地方産の新規有望系統である高森早生系及び佐藤系、並びに対照として既存主力系統である野村系を供試し、果汁品質調査、試験醸造及び酒質調査にて醸造適性を評価した。果汁成分は、高森早生系及び佐藤系とも糖度 20 弱、総酸 2 g/ℓ弱で資化性窒素は 140 mg N/ℓを超えていた。試験醸造の結果、発酵は健全に進み、アルコール約 10%、総酸 7.6~9.7 g/ℓのワインとなった。官能評価の結果、高森早生系は甘い果実様の香りと厚みのあるバランスの良い味わいで評価が高く、佐藤系は果実に加え香草やスパイス様の個性的な香りがあり軽やかな味わいで評価は良好であった。以上の結果から、いずれもヤマブドウワインの原料に適していると考えられた。

岩手県久慈農業改良普及センターでは、『ヤマブドウ新系統のワインの適性評価会』を令和3年2月19日に開催し(生産農家や涼海の丘ワイナリー、関係機関など19名が参加)本試験成果の発表や試験醸造ワインの試飲評価が行われ、新系統の個性や品質を共有した。また、県内で活躍するワインコーディネーター、ホテル及び飲食店のソムリエにも試験醸造ワインを試飲して頂き、品質、将来性及び料

理との相性などのコメントを頂いている。この試飲結果も生産農家や涼海の丘ワイナリーへ報告された。今回の結果をもとに、既存系統から新規有望系統への改植などによってヤマブドウの生産安定化やワイン品質向上など、久慈地方のワイン産業の発展に繋がることが期待される。

## 謝 辞

本研究に協力いただいた株式会社のだむら 涼海の丘ワイナリー 所長 坂下誠氏に感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 岡本五郎, 後藤慎太郎, 植木啓司: ヤマブドウ研究 ―樹及び果実の特性―, 岡山大学農学部学術報告, 97, p69-81 (2008)
- 2) H30 特産果樹生産動態等調査 (農林水産省) [https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan\\_kazyu/](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_kazyu/)
- 3) 国税庁所定分析法 (国税庁) <https://www.nta.go.jp/law/tsutatsu/kobetsu/sonota/070622/01.htm>

- 4) エタノールを使用したブドウ果汁の資化性窒素 (アミノ酸) 分析法 (暫定法) について (平成 28 年 10 月 13 日改訂) (独立行政法人酒類総合研究所) <https://www.nrib.go.jp/data/pdf/nribetabudobu.pdf>
- 5) 玉川英幸, 伊藤良仁, きゅうり古漬けから単離された乳酸菌の同定と諸性質, 岩手県工業技術センター研究報告, 19, 62-68, 2017.
- 6) COMPENDIUM OF INTERNATIONAL METHODS OF ANALYSIS-OIV: Chromatic Characteristics, Method OIV-MA-AS2-07B
- 7) 平野高広, 山下佑子: 系統別山ぶどうワインの試作・評価、地方独立行政法人岩手県工業技術センター最新成果集 2016
- 8) 山梨県ワイン製造マニュアル (2020 年版)、山梨県酒造組合
- 9) シンワフーズケミカル株式会社 ワイン醸造用資材・機器のご案内 2021
- 10) 酒類総合研究所標準分析法注解、市販ぶどう酒の分析値 (平成 21 年度果実酒・リキュール鑑評会出品酒の分析値)、公益財団法人 日本醸造協会

# 岩手県に適したマロラクティック発酵乳酸菌の選抜・評価\*

平野 高広\*\*、山下 佑子\*\*\*、佐藤 稔英\*\*、米倉 裕一\*\*

マロラクティック発酵 (MLF) 乳酸菌を低 pH・低温条件にて選抜し、MLF 速度及び官能評価結果からヤマブドウ、アルモノワール及びモンドブリエに適する株を明らかとした。官能評価の評点が全品種とも高かった株は Viniflora CH35 であった。また、MLF 用発酵助成剤及びコイノキュレーションは発酵日数を短縮する効果があったが、後者は官能評価の評点を下げる傾向があった。

**キーワード：ワイン、マロラクティック発酵、乳酸菌**

## Selection and evaluation of malolactic fermentation lactic acid bacteria suitable for Iwate Prefecture

HIRANO Takahiro, YAMASHITA Yuko, SATO Naruhide and YONEKURA Yuichi

**Key words : Wine, Malolactic Fermentation, Lactic Acid Bacteria**

### 1 緒言

岩手県は国内 5 位の醸造用ブドウ生産地<sup>1)</sup>で本州北部に位置するため冷涼で比較的酸の多いブドウが収穫される<sup>2)</sup>。また、酸味の強いヤマブドウの生産量は全国一である<sup>3)</sup>。そのため、酸の多い県産ブドウやヤマブドウがワインの原料として使用されることが多く、除酸が望ましいケースも多い。マロラクティック発酵 (MLF) は、乳酸菌の働きで 2 価の酸であるリンゴ酸を 1 価の酸である乳酸にする発酵であり、県産ワインの除酸に使用されることも多い。しかし、酸の多いブドウは低 pH であり、また本県の冷涼な気候では発酵温度が低下することもある。このような条件では乳酸菌の働きが鈍くなるため、MLF の遅延や停滞が危惧される。

MLF 乳酸菌は現在 20 種類ほどが市販されており、その中には低 pH かつ低温でも発酵可能なタイプや、MLF 由来の風味である乳製品様の香りを増すタイプ、果実様の香りを増すタイプなどがある<sup>4~6)</sup>。また、MLF はアルコール発酵 (AF) 後に行われることが一般的であるが、近年は発酵日数を短縮する目的で AF 中に MLF を開始するコイノキュレーションも増えている<sup>6)</sup>。さらに MLF 用発酵助成剤が市販され<sup>5、6)</sup>、MLF の多様化・効率化が進んでいる。

本研究では、岩手県産ヤマブドウを使用して低 pH かつ低温になりうる冷涼な本県に適した MLF 乳酸菌の選抜を試みるとともに、MLF 用発酵助成剤の効果を検証した。また、岩手県産のヤマブドウ、アルモノワール及びモンドブリエを用いて選抜乳酸菌の特性を調査するとともに、アルモノワール及びモンドブリエについてはコイノキュレーションの効果も検証した。

### 2 実験方法

#### 2-1 乳酸菌の選抜及び MLF 用発酵助成剤の検証

乳酸菌の選抜及び MLF 用発酵助成材の効果を検証するため、ヤマブドウワインにて 500 ml 規模の MLF 試験を実施した。供試したヤマブドウワインは次の方法で製造した。ヤマブドウ果汁 (株式会社岩手くずまきワイン製) に結晶ぶどう糖で補糖をした後、酵母 EC1118 (Lallemand 社製) を添加して約 15°C で AF しヤマブドウワインを作成した。ワインは、炭酸カルシウムにて pH 3 前後まで除酸した後、おり引きし供試した。乳酸菌は低 pH かつ低温でも発酵可能な市販品を供試した (表 1)。乳酸菌の添加量及び添加方法は取扱説明書に従った。MLF 時の室温は約 15°C とし、リンゴ酸が 0 g/l になった時点、または MLF 60 日目に発酵を終了した。リンゴ酸代謝経過からヤマブドウ用及び県産ブドウ用に乳酸菌を選抜した。Chr.

表 1 供試市販乳酸菌<sup>4~6)</sup>

乳酸菌	pH 耐性	推奨発酵温度 (°C)	栄養 (資化性窒素) 要求性	アルコール耐性 (%)	亜硫酸耐性 (ppm)
MBR 31	>3.1	>13	高	<14	<45
MBR O-MEGA	>3.1	>14	低	<16	<60
MBR PN4	>3.0	>14	中	<16	<60
MBR VP41	>3.1	>16	低	<16	<60
LACTOENOS B16 Standard	>2.9	>16		<14	<60
Viniflora Oenos	>3.2	17-25		<14	<40
Viniflora Oenos 2.0	>3.2	15-25		<15	<40
Viniflora CH11	>3.0	14-25		<15	<35
Viniflora CH35	>3.1	15-25		<14	<45

※MBR 31、MBR O-MEGA、MBR PN4、MBR VP41：Lallemand 社製、LACTOENOS B16 Standard：Laffort 社製、Viniflora Oenos、Viniflora Oenos 2.0、Viniflora CH11、Viniflora CH35：Chr. Hansen 社製。

\* 平成 30 年度～令和元年度 技術シーズ創生研究事業 プロジェクトステージ

\*\* 醸造技術部

\*\*\* 食品技術部

Hansen 社製の乳酸菌4株 (Viniflora Oenos、Viniflora Oenos 2.0、Viniflora CH11、Viniflora CH35) については、同社製の MLF 用発酵助成剤 Bactiv-Aid2.0 (以下 BA2 と略す) の添加試験も実施し、その効果を検証した。なお、BA2 には MLF 発酵阻害物質を吸着し重要な栄養素を供給する作用があるが成分は記載されていない<sup>6)</sup>。

## 2-2 選抜乳酸菌によるヤマブドウの MLF 試験

ヤマブドウワイン用に選抜した乳酸菌の特性を調査するため、2 l 規模での MLF 試験を行った。ヤマブドウ果汁 (株式会社岩手くずまきワイン製) を炭酸カルシウムで pH 3 付近まで除酸し、結晶ぶどう糖で補糖をした後、酵母 EC1118 (Lallemand 社製) を添加して約 15°C で AF しヤマブドウワインを作成した。これに乳酸菌と MLF 用発酵助成材 BA2 を添加し MLF を行った。MLF 時の室温は約 20°C とし、乳酸が 0 g/l になった時点で MLF を終了した。発酵完了後におり引き及びろ過を行いワインとした。また、発酵完了後は分子状亜硫酸濃度が 0.8 mg/l 以上 2.0 mg/l 未満となるようピロ亜硫酸カリウムを添加した。

## 2-3 選抜乳酸菌によるアルモノワールの MLF 試験

県産ワイン用に選抜した乳酸菌について、アルモノワールでの特性を調べるため MLF 試験を行った。2018 年及び 2019 年に県農業研究センター圃場 (北上市) にて収穫したアルモノワールを供試した。除梗破碎し、亜硫酸濃度 30 mg/kg となるようピロ亜硫酸カリウムを添加した。結晶ぶどう糖で補糖をした後、酵母 ICV GRE (Lallemand 社製) にて室温約 25°C で 4 日間醸し発酵した後に圧搾し、室温約 20°C で発酵を継続した。AF 後に MLF をする試験区では AF 後に乳酸菌と MLF 用発酵助成材 BA2 を添加した。コイノキュレーションにて MLF をする試験区では AF 開始 48 時間後に乳酸菌と BA2 を添加した。MLF 時の室温は約 20°C とし、乳酸が 0 g/l になった時点で MLF を終了した。発酵完了後におり引き及びろ過を行いワインとした。また、発酵完了後は分子状亜硫酸濃度が 0.6 mg/l 以上 2.0 mg/l 未満となるようピロ亜硫酸カリウムを添加した。

## 2-4 選抜乳酸菌によるモンドブリエの MLF 試験

県産ワイン用に選抜した乳酸菌について、モンドブリエでの特性を調べるため MLF 試験を行った。2018 年及び 2019 年に農業研究センター圃場 (北上市) にて収穫したモンドブリエを供試した。除梗破碎後に圧搾し、亜硫酸濃度 30 mg/kg となるようピロ亜硫酸カリウムを添加した。結晶ぶどう糖で補糖をした後、2018 年は酵母 Elegance (AB Biotek 社製) を、2019 年は酵母 EC1118 (Lallemand 社製) を用いて室温約 15°C で AF を実施した。AF 後に MLF をする試験区では AF 後に乳酸菌と MLF 用発酵助成材 BA2 を添加した。コイノキュレーションにて MLF をする試験区では AF 開始 48 時間後に乳酸菌と BA2 を添加した。MLF 時の室温は約 20°C とし、乳酸が 0 g/l になった時点で MLF を終了した。発酵完了後におり

引き及びろ過を行いワインとした。また、発酵完了後は分子状亜硫酸濃度が 0.8 mg/l 以上 2.0 mg/l 未満となるようピロ亜硫酸カリウムを添加した。

## 2-5 成分分析

糖度 (Brix) は糖度計、pH は pH メーターを用いて分析した。比重、総酸、アルコール分及びエキス分は国税庁所定分析法<sup>7)</sup> に準じて、果汁の資化性窒素量はエタノールを使用した方法<sup>8)</sup> にて分析した。発酵中の pH は pH 電極を取り付けたラコムテスターハンディータイプ複合計 PC450 (EUTECH Instruments 社製) にて測定した。MLF 中のリンゴ酸及び乳酸の分析はキャピラリー電気泳動システム PA-800s Plus (株式会社エービー・サイエックス社製) にて実施した。

## 2-6 官能評価

独立行政法人酒類総合研究所認定清酒専門評価者または一般社団法人日本ソムリエ協会認定ソムリエの資格を持つ工業技術センター職員4名にて、外観、香り、味、総合評価を5点満点 (5 優、3 良、1 可、0 不可) で評価した。また、酸味、乳製品様香及び果実様香の強さを5点法 (5 きわめて強い; 4 強い; 3 適度に感じる; 2 やや感じる; 1 感じない) にて評価した。

## 3 実験結果

### 3-1 乳酸菌の選抜及び MLF 用発酵助成剤の検証

乳酸菌の選抜及び MLF 用発酵助成材の効果を検証するため、ヤマブドウワイン 500 ml 規模の MLF 試験を実施した。MLF 試験におけるリンゴ酸代謝経過を表 2 に、ヤマブドウワインの成分を表 3 に示す。

MLF 用発酵助成剤なしで発酵 60 日目にリンゴ酸 1 g/l 未満となった乳酸菌は 9 株中 4 株 (LACTOENOS B16 Standard、Viniflora Oenos、Viniflora Oenos 2.0 及び Viniflora CH35) であった。これらの株はリンゴ酸代謝能が高いことから、リンゴ酸濃度の高いヤマブドウワインに適すると判断し、ヤマブドウワイン用に選抜した。

県産ワインの総酸の平均値は約 7.7 g/l であり<sup>9)</sup>、その半分程度の約 3.8 g/l がリンゴ酸である。MLF 実施前のヤマブドウワインのリンゴ酸濃度は 7.7 g/l であり (表 3)、それから前述の 3.8 g/l を差し引いた約 4 g/l までの代謝が速い乳酸菌が県産ワインに適していると考え、該当する 6 株 (MBR O-MEGA、MBR VP41、Viniflora Oenos、Viniflora Oenos 2.0、Viniflora CH11 及び Viniflora CH35) を県産ワイン用に選抜した。

また、MLF 用発酵助成剤 BA2 の効果を 4 株 (Viniflora Oenos、Viniflora Oenos 2.0、Viniflora CH11 及び Viniflora CH35) にて検証した結果、3 株 (Viniflora Oenos、Viniflora CH11 及び Viniflora CH35) では添加によって発酵が速くなりリンゴ酸代謝量が増えた。Viniflora Oenos 2.0 は BA2 無添加でも発酵速度が速かったが、添加すると発酵 60 日目のリンゴ酸代謝量が増

えた。

MLFによってリンゴ酸が約0 g/lになると、pHは約0.2上昇し総酸は約3割減少した。

表2 MLF試験におけるリンゴ酸代謝経過

試験区	発酵日のリンゴ酸濃度 (g/l)			
	発酵日数			
	15日	22日	34日	60日
MBR 31	6.1	5.3	4.9	5.4
MBR O-MEGA	4.7	4.0	3.4	3.1
MBR PN4	4.7	4.9	4.7	3.8
MBR VP41	4.1	3.6	3.4	3.3
LACTOENOS B16 Standard	6.3	5.5	2.7	0.1
Viniflora Oenos	2.7	2.2	1.5	0.8
Viniflora Oenos 2.0	0.9	0.6	0.6	0.2
Viniflora CH11	4.4	3.9	3.8	3.4
Viniflora CH35	2.7	0.9	0.0	0.0
Viniflora Oenos + BA2	1.6	1.2	0.9	0.0
Viniflora Oenos 2.0 + BA2	1.1	0.7	0.7	0.0
Viniflora CH11 + BA2	3.3	2.0	1.0	0.2
Viniflora CH35 + BA2	2.0	0.0	0.0	0.0

表3 ヤマブドウワインの成分

試験区	pH	総酸 (g/l)	リンゴ酸 (g/l)	乳酸 (g/l)
MLFなし	3.0	13.4	7.7	0.0
MBR 31	3.0	11.9	5.4	2.5
MBR O-MEGA	3.1	10.8	3.1	4.2
MBR PN4	3.1	11.7	3.8	2.8
MBR VP41	3.1	11.0	3.3	4.1
LACTOENOS B16 Standard	3.1	9.2	0.1	6.4
Viniflora Oenos	3.1	9.6	0.8	6.4
Viniflora Oenos 2.0	3.2	9.3	0.2	6.8
Viniflora CH11	3.1	10.8	3.4	4.1
Viniflora CH35	3.2	9.2	0.0	7.0
Viniflora Oenos + BA2	3.2	9.6	0.0	7.4
Viniflora Oenos 2.0 + BA2	3.2	9.3	0.0	6.5
Viniflora CH11 + BA2	3.2	9.5	0.2	7.3
Viniflora CH35 + BA2	3.2	9.3	0.0	7.6

### 3-2 選抜乳酸菌によるヤマブドウのMLF試験

ヤマブドウワイン用に選抜した乳酸菌の特性を調査するため、MLF用発酵助成剤BA2を添加して20規模でMLF試験を行い、ワインの成分分析及び官能評価を実施した。

ヤマブドウワイン製造時のAF経過を図1に示す。AFは順調に進み、14日で完了した。pHは発酵2日目以降低下し4日目には2.85となった。それ以降は上昇し8日目には初発と同じ2.92となった。

ヤマブドウワインの成分及び発酵日数を表4に示す。MLFによって総酸は約2/3に減少した。発酵日数はリンゴ酸がほぼ0 g/lとなった時点で発酵を終了しており、発酵が速い株ほど発酵日数は短くなる(以下のMLF試験も同様である)。LACTOENOS B16 Standard及びViniflora CH35は発酵日数が短かったが、Viniflora Oenos及びViniflora Oenos 2.0は発酵速度が遅く、発酵103日後もそれぞれ0.3及び0.8 g/lのリンゴ酸が残存していた。

ワインの官能評価結果を表5に示す。MLFなしと比べて、LACTOENOS B16 Standard、Viniflora Oenos 2.0及びViniflora CH35は、味の評点の高さや、乳製品様香や

果実様香が強いという特徴があり総合評価が高かった。

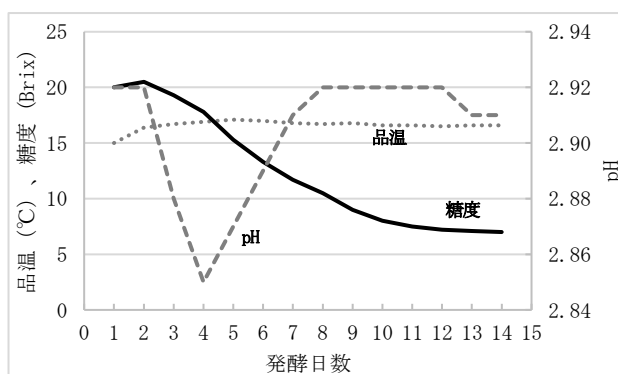


図1 ヤマブドウワインのAF経過

表4 ヤマブドウワインの成分及び発酵日数

試験区	アルコール (%)	pH	総酸 (g/l)	発酵日数
MLFなし	10.7	2.96	15.3	14
LACTOENOS B16 Standard	11.1	3.03	10.8	41
Viniflora Oenos	11.1	2.96	10.4	103*
Viniflora Oenos 2.0	11.1	2.95	11.0	103*
Viniflora CH35	11.1	3.03	10.7	47

\*発酵103日後もリンゴ酸が残存していた。

表5 ヤマブドウワインの官能評価結果

試験区	外観	香り	味	総合評価	香味の強さ		
					酸味	乳製品様香	果実様香
MLFなし	3.6	3.4	3.0	3.3	3.8	2.8	3.2
LACTOENOS B16 Standard	3.8	3.2	3.0	3.5	3.2	3.2	3.6
Viniflora Oenos	3.6	3.2	2.9	3.1	3.4	2.2	3.0
Viniflora Oenos 2.0	3.6	3.3	3.5	3.8	3.2	2.6	3.6
Viniflora CH35	3.4	3.3	3.2	3.7	3.4	2.9	3.2

### 3-3 選抜乳酸菌によるアルモノワールのMLF試験

県産ワイン用に選抜した乳酸菌のアルモノワールでの特性を調べるため、MLF用発酵助成剤BA2を添加してMLF試験を行い、ワインの成分分析及び官能評価を実施した。

果汁の成分を表6に示す。2年とも果汁の糖度は18前後であったが、総酸は9 g/l超と高かった。

AF経過を図2に示す(2018年のみ実施した)。AFは順調に進み、120時間(6日)で発酵が完了した。pHは発酵開始後徐々に上昇したが、発酵24から30時間まで低下した。しかし初発pH以下になることはなく、発酵30時間以降は上昇した。

ワインの成分及び発酵日数を表7に示す。2年ともMLFを実施することでpHが約0.3上昇し、総酸が6~7割まで減少した。2018年にMLFを実施した試験区の発酵日数は16日~26日であった。その中で発酵日数が20日



未満と短かった乳酸菌は MBR VP41、Viniflora Oenos 及び Viniflora Oenos 2.0 で、MBR VP41 はコイノキュレーションにより、さらに発酵日数が短縮された。2019 年産は、アルモノワールとコイノキュレーションとの相性を評価するため、コイノキュレーションの試験区を増やした。結果、MLF を実施した試験区の発酵日数は 14 日～35 日であった。その中で発酵日数が 20 日未満と短かった乳酸菌は MBR O-MEGA、MBR VP41、Viniflora Oenos 2.0 及び Viniflora CH11 で、いずれもコイノキュレーションの試験区であった。Viniflora CH35 はコイノキュレーションによって発酵日数が 35 日から 28 日に短縮された。コイノキュレーションにかかわらず 2 年とも発酵が速かったのは MBR VP41 及び Viniflora Oenos 2.0 であった。

ワインの官能評価結果を表 8 に示す。2018 年は、MLF なしは乳製品様香が弱く果実様香が比較的強く総合評価が高かった。また、Viniflora CH35、Viniflora Oenos 2.0 及び Viniflora CH11 は味の評点が高く総合評価が 3.4 以上と高かった。MBR VP41 はコイノキュレーションによって乳製品様香及び果実様香が弱くなり、総合評価が 3.0 から 2.8 に低下した。2019 年に総合評価が 3.7 と高かったのは、いずれもコイノキュレーションを実施した MBR VP41 及び Viniflora Oenos であった。他にも MLF なしよりも総合評価が高い乳酸菌が 3 株あり、乳製品様香や果実様香の強さは様々であったが、いずれも香りの評点が 3.5 以上と高かった。なお、Viniflora CH35 はコイノキュレーションによって香り及び味の評点が下がり、総合評価は 3.0 に低下した。2 年とも評価が 3.3 以上と高かったのは、Viniflora Oenos 2.0、Viniflora CH11 及び Viniflora CH35 の 3 株であった。

表 6 アルモノワールの果汁成分

試験年度	比重 (15/4°C)	糖度 (Brix)	pH	総酸 (g/l)	資化性窒素 (mg N/l)
2018	1.076	17.9	3.33	9.1	224
2019	1.075	18.1	3.17	9.7	198

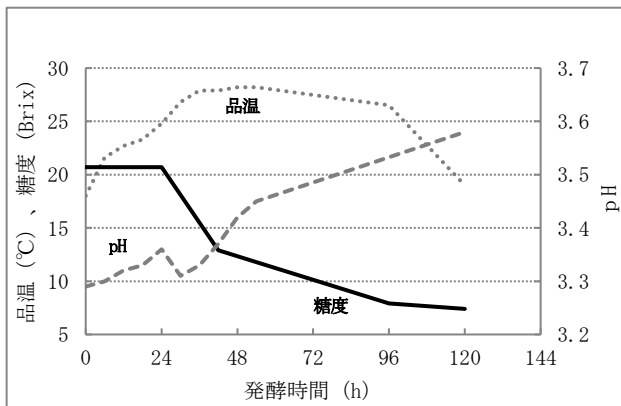


図 2 アルモノワールの AF 経過 (2018 年)

表 7 アルモノワールワインの成分及び発酵日数

試験年度	試験区	アルコール (%)	pH	総酸 (g/l)	発酵日数
2018	MLF なし	11.4	3.53	9.2	6
	MBR O-MEGA	11.4	3.83	6.7	23
	MBR VP41	11.4	3.83	5.6	19
	Viniflora Oenos	11.4	3.86	5.6	19
	Viniflora Oenos 2.0	11.4	3.84	5.5	16
	Viniflora CH11	11.4	3.84	6.5	23
	Viniflora CH35	11.4	3.83	6.1	26
2019	MLF なし	12.1	3.43	7.8	9
	Viniflora CH35	12.1	3.61	5.3	35
	MBR O-MEGA※c	11.9	3.70	5.5	18
	MBR VP41※c	12.1	3.70	5.7	14
	Viniflora Oenos※c	11.9	3.69	5.5	22
	Viniflora Oenos 2.0※c	12.2	3.64	5.5	14
	Viniflora CH11※c	12.0	3.70	5.4	18
Viniflora CH35※c	12.1	3.71	5.6	28	

※c:コイノキュレーション

表 8 アルモノワールワインの官能評価結果

試験年度	試験区	外観	香り	味	総合評価	香味の強さ		
						酸味	乳製品様香	果実様香
2018	MLF なし	3.3	3.5	3.3	3.5	3.4	1.5	3.5
	MBR O-MEGA	3.0	2.8	2.5	2.6	2.5	2.0	2.6
	MBR VP41	3.0	3.1	3.0	3.0	2.8	2.6	2.8
	Viniflora Oenos	3.0	3.1	2.9	3.1	3.0	2.8	2.8
	Viniflora Oenos 2.0	3.0	3.3	3.5	3.4	2.6	2.6	2.8
	Viniflora CH11	3.1	3.1	3.3	3.4	2.6	2.9	2.9
	Viniflora CH35	3.0	3.6	3.4	3.5	2.6	2.9	2.8
2019	MLF なし	3.2	3.2	2.8	3.1	3.8	2.5	3.3
	Viniflora CH35	3.2	3.5	3.3	3.3	2.6	2.8	3.0
	MBR O-MEGA※c	3.4	3.1	2.7	2.9	2.8	2.5	2.9
	MBR VP41※c	3.4	3.4	2.9	3.7	2.9	2.7	2.9
	Viniflora Oenos ※c	3.4	3.4	3.5	3.7	2.7	3.1	2.8
	Viniflora Oenos 2.0※c	3.4	3.5	2.9	3.3	3.1	2.6	3.6
	Viniflora CH11 ※c	3.4	3.5	2.8	3.4	2.4	2.9	2.9
Viniflora CH35 ※c	3.4	2.9	3.0	3.0	2.4	3.1	2.8	

※c:コイノキュレーション

### 3-4 選抜乳酸菌によるモンドブリエの MLF 試験

県産ワイン用に選抜した乳酸菌のモンドブリエでの特性を調べるため、MLF 用発酵助成剤 BA2 を添加して MLF 試験を行い、ワインの成分分析及び官能評価を実施した。

果汁成分を表 9 に示す。糖度は 18 前後、pH は 3.0 前後であり、総酸は 8 g/l 以上とやや高い値であった。

AF 経過を図 3 に示す (2018 年のみ実施した)。AF は順調に進み、9 日で発酵が完了した。pH は発酵開始後徐々に低下し 4 日目には 2.87 となった。それ以降は上昇したが、7 日目以降再度低下し初発 pH 以上になることはなかった。

ワインの成分及び発酵日数を表 10 に示す。MLF によって pH は約 0.1 上昇したが、ほとんど上昇しないワインもあった。総酸は MLF によって 8 割前後まで減少した。2018 年に MLF を実施した試験区の発酵日数は 28 日から 38 日であり、その中で MLF 日数が比較的短かった乳酸菌は MBR VP41、Viniflora Oenos 及び Viniflora Oenos 2.0 であった。2019 年に MLF を実施した試験区の発酵日数は 29 日から 70 日で、発酵日数が比較的短かった乳酸菌は MBR O-MEGA 及び Viniflora Oenos 2.0 であった。また、Viniflora CH35 は、コイノキュレーションによって発酵日数が 46 日から 35 日まで短縮された。2 年とも発酵が速かったのは Viniflora Oenos 2.0 であった。

ワインの官能評価結果を表 11 に示す。2018 年は、MBR O-MEGA、Viniflora CH35、MBR VP41 及び Viniflora Oenos が香りの評点が高く総合評価が高かった。2019 年は、Viniflora Oenos 2.0 及び MBR VP41 は香りとの味の評点が高く総合評価も高かった。また、Viniflora Oenos 及び Viniflora CH35 の総合評価も高かった。Viniflora CH35 はコイノキュレーションによって香り及び味の評点が下がり、総合評価が低下した。2 年とも評価が高かったのは、MBR VP41、Viniflora Oenos 及び Viniflora CH35 であった。

表 9 モンドブリエの果汁成分

試験年度	比重 (15/4℃)	糖度 (Brix)	pH	総酸 (g/l)	資化性窒素 (mg N/l)
2018	1.074	17.5	2.96	10.0	210
2019	1.074	18.2	3.06	8.1	160

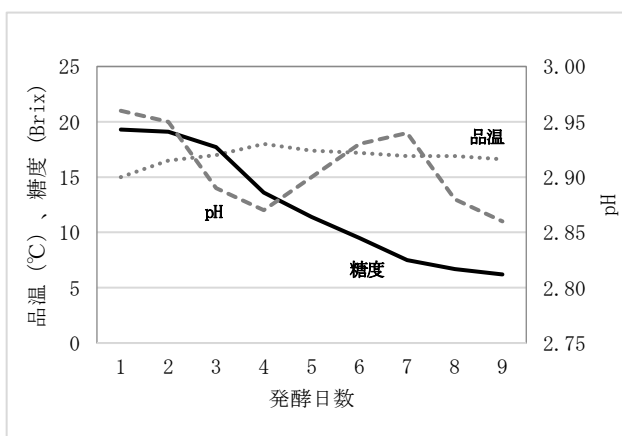


図 3 モンドブリエの AF 経過 (2018 年)

表 10 モンドブリエワインの成分及び発酵日数

試験年度	試験区	アルコール (%)	pH	総酸 (g/l)	発酵日数
2018	MLF なし	11.2	3.04	11.1	16
	MBR O-MEGA	11.2	3.11	8.6	34
	MBR VP41	11.2	3.06	8.6	31
	Viniflora Oenos	11.2	3.09	8.7	31
	Viniflora Oenos 2.0	11.2	3.11	9.3	28
	Viniflora CH11	11.2	3.15	8.9	38
	Viniflora CH35	11.2	3.11	8.6	34
2019	MLF なし	11.6	3.00	8.5	16
	MBR O-MEGA	12.1	3.08	7.1	38
	MBR VP41	12.0	3.09	7.2	42
	Viniflora Oenos	12.1	3.10	7.2	70
	Viniflora Oenos 2.0	12.1	3.02	6.9	29
	Viniflora CH11	12.0	3.04	7.0	42
	Viniflora CH35	12.1	3.06	7.0	46
	Viniflora CH35※c	11.9	3.16	7.2	35

※c:コイノキュレーション

表 11 モンドブリエワインの官能評価結果

試験年度	試験区	外観	香り	味	総合評価	香味の強さ		
						酸味	乳製品様香	果実様香
2018	MLF なし	2.6	3.1	2.3	2.6	4.5	1.3	3.3
	MBR O-MEGA	3.3	3.4	3.1	3.5	3.4	2.5	2.9
	MBR VP41	3.3	3.3	3.0	3.3	2.9	2.8	2.8
	Viniflora Oenos	3.3	3.4	3.1	3.3	2.9	2.6	2.9
	Viniflora Oenos 2.0	3.3	3.1	2.6	3.0	3.8	3.0	2.6
	Viniflora CH11	3.3	2.9	2.6	2.6	3.4	2.4	2.1
	Viniflora CH35	3.0	3.4	3.5	3.4	2.8	2.8	2.6
2019	MLF なし	3.2	3.0	2.9	3.0	4.3	2.6	2.8
	MBR O-MEGA	3.2	3.2	3.0	3.1	3.6	2.6	3.4
	MBR VP41	3.2	3.4	3.4	3.5	3.1	2.4	3.4
	Viniflora Oenos	3.2	3.1	3.0	3.4	2.8	3.4	2.8
	Viniflora Oenos 2.0	3.2	3.6	3.6	3.8	3.2	2.2	3.2
	Viniflora CH11	3.2	2.7	2.7	3.0	3.6	3.6	2.8
	Viniflora CH35	3.2	3.4	3.0	3.4	3.8	2.4	3.2
Viniflora CH35※c	3.2	2.3	2.6	2.4	3.3	2.0	2.2	

※c:コイノキュレーション

#### 4 考 察

ヤマブドウで発酵が速く官能評価の評点が高かった株は、LACTOENOS B16 Standard 及び Viniflora CH35 であった。アルモノワール及びモンドブリエで 2 年とも発酵が速かったのは Viniflora Oenos 2.0 であり、官能評価の評点が高かった株は Viniflora CH35 であった。これらの特性はメーカー資料の pH 耐性、推奨発酵温度及び栄養要求性 (表 1) との関連性は低く、品種との適性を調べるには実際に試験醸造して評価する必要があると考えられる。

コイノキュレーションの効果について、アルモノワールでは 2018 年産は MBR VP41、2019 年産は Viniflora CH35、モンドブリエでは 2019 年産に Viniflora CH35 にて比較試験した結果、3 試験区ともコイノキュレーションによって発酵日数は短縮されたが官能評価の総合評価が低下した。発酵が短期間で完了すれば、発酵管理作業が不要になることや発酵タンクを別の醸造に使用できるなどワイナリーによっては大きな利点となるが、官能評

価が低下することを考慮してコイノキュレーションの採用を判断することが必要と思われる。ただし、アルモノワールのコイノキュレーションで2018年に低評価だったMBR VP41が2019年に高評価となった例もあり今後も検討が必要と思われる。

アルコール発酵中のpH変化を調べた結果、ヤマブドウ(液仕込み)ではpHが0.1弱低下した後に上昇し初発pHに戻った。モンドブリエ(液仕込み)ではpHが0.1弱低下した後に上昇し、初発pHに戻らずに再度pHが低下した。アルモノワール(醸し仕込み)では、pHは上昇後に低下するものの初発pH以下になることはなく再度上昇した。以上の結果から、液仕込みで初発pHが3.0未満など低pHの場合は、AF中にもろみのpHが0.1程度下がる可能性があるため、コイノキュレーションで乳酸菌を添加する場合は、pH上昇後に添加する又は除酸によりpH調整してから添加するなどの注意が必要であると考えた。

## 5 結 言

冷涼な岩手県に合う乳酸菌として低pH・低温でリンゴ酸代謝に優れた株を選抜した。さらに、その中からヤマブドウ、アルモノワール及びモンドブリエに適する株を見出した。特に、3品種とも官能評価の評点が高かった株は、Viniflora CH35であった。MLF用発酵助成剤及びコイノキュレーションは発酵日数を短縮する効果があったが、後者は官能評価の評点を下げる傾向があった。また、液仕込みでは発酵中にpHが0.1程度低下することが分かった。

発酵速度及び官能評価結果でワイナリーが優先する項目は異なると思われるが、本試験結果を参考に乳酸菌やMLF用発酵助成剤、コイノキュレーションなど発酵条件を選択することにより、県産ワインの品質向上に繋げ

ていただきたい。今後も新しい品種に適したMLF条件の検討などから県産ワインの品質向上に貢献したい。

## 謝 辞

本研究の遂行にあたり乳酸菌及びMLF用発酵助成剤をご提供いただいたシンワフーズケミカル株式会社様に感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 国内製造ワインの概況(平成30年度調査分) 令和2年2月(国税庁課税部酒税課)
- 2) ワイン学編集委員会: ワイン学、産調出版(1998)
- 3) H30 特産果樹生産動態等調査(農林水産省)  
[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan\\_kazyu/](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_kazyu/)
- 4) セティ株式会社 ワイン醸造用製品リスト 2021 edition
- 5) MOTHER VINES & Co., Ktd. 2021年LAFFORT社製 ワイン醸造醗酵資材カタログリスト
- 6) シンワフーズケミカル株式会社 ワイン醸造用資材・機器のご案内 2021
- 7) 国税庁所定分析法(国税庁) <https://www.nta.go.jp/law/tsutatsu/kobetsu/sonota/070622/01.htm>
- 8) エタノールを使用したブドウ果汁の資化性窒素(アミノ酸)分析法(暫定法)について(平成28年10月13日改訂)(独立行政法人酒類総合研究所) <https://www.nrib.go.jp/data/pdf/nribetabudobu.pdf>
- 9) 平野高広, 山下佑子, 岩手県陸前高田市産ブドウのワイン醸造特性, 岩手県工業技術センター研究報告(執筆中), 24, 2021掲載予定。

# 岩手県陸前高田市産ブドウのワイン醸造特性\*

平野 高広\*\*、山下 佑子\*\*\*

平成30年から令和2年にかけて陸前高田市で栽培された醸造用ブドウ7品種からワイン15種類を試験醸造し酒質調査等にて評価した結果、醸造に適することが分かった。特にリースリング・リオン、ソーヴィニオン・ブラン、ミュラー・トゥルガウ及びアルバリーニョのワインは高評価であった。同産地の白ワインは国産市販白ワインと比べて低pH、多酸であり冷涼な産地の特徴と考えられる。

**キーワード：ワイン醸造特性、ブドウ、陸前高田市、岩手県**

## Wine suitability of grapes grown in Rikuzentakata City, Iwate Prefecture

HIRANO Takahiro and YAMASHITA Yuko

**Key words : wine suitability, grape, Rikuzentakata, Iwate**

### 1 緒言

岩手県工業技術センターでは、東日本大震災津波からの復興支援として、県農業研究センター等と共同で食料生産地域再生のための先端技術展開事業『ブランド化を促進する果実等の生産・加工技術の実証研究（平成25～29年度）』に取り組んだ。その中で、沿岸被災地域である陸前高田市の有限会社 神田葡萄園が被災後に初めて栽培した醸造用ブドウ『ケルナー』や『アルモノワール』などの醸造特性を調べ<sup>1)</sup>、ワインの商品開発を支援した。さらに平成30年度から令和2年度は、同事業の成果である『醸造用ブドウの省力垣根仕立て栽培技術』の社会実装に取り組み、工業技術センターでは同産地で栽培した醸造用ブドウ7品種：ミュラー・トゥルガウ、アルバリーニョ、リースリング・リオン、ケルナー、ソーヴィニオン・ブラン、アルモノワール及びモンドブリエの試験醸造、酒質調査及び醸造方法の検討を行い、醸造適性を明らかにしたので報告する。

### 2 実験方法

#### 2-1 供試試料

供試した陸前高田市（有限会社 神田葡萄園圃場）産の醸造用ブドウを図1に示す。果実の状態は概ね健全であった。腐敗果や未熟果は取り除いて供試した。

圃場から最も近い気象観測地点の大船渡市における平成30年から令和2年のブドウ果実生育期（4月1日から10月31日）の半月別平均気温、降水量及び日照時間を図2～4に示す。平成30年は、平均気温は春から秋にかけて平年値よりも多かった。降水量は7月中下旬に少なく、日照時間は6月中旬と8月下旬から9月上旬は少なく6月下旬と8月中旬は多かった。令和元年は、平

均気温は5月、7月下旬から8月中旬及び9月上旬が高かった。降水量は4～6月及び8月のいずれも下旬に多い時期があった。日照時間は5月が非常に高く、7月下旬から8月上旬及び9月にも高い時期があったが、7月中旬及び8月中下旬は少なかった。令和2年は、平均気温は5月から7月上旬及び8月から9月が高かった。降水量は4月中旬に非常に多く、5～6月は少なかった。日照時間は5月下旬から6月中旬及び8月は平年よりも多かったが、6月下旬から7月は少なかった。

#### 2-2 ワインの醸造方法

ワインの醸造方法は、技術移転を視野に入れて有限会社 神田葡萄園と協議の上、下記の方法とした。発泡性ワイン及び白ワインは次の方法で試作した。果実を除梗及び破碎し、亜硫酸が果汁重量に対して50 mg/kgとなるようピロ亜硫酸カリウムを添加し、圧搾して果汁を得た。スキンコンタクトをする場合は破碎後に約15℃で6時間維持した後に圧搾した。アルコール発酵は、果汁に酵母を添加して約15℃で行った。糖度が低い場合は、発酵前に糖分21度を目標に結晶ブドウ糖で補糖した。アルコール発酵は、糖度(Brix)の減少が確認されない時点で終了とした。辛口ワインはアルコール発酵後に約4℃まで冷却し、澱引き、ろ過、ピロ亜硫酸カリウムの添加（分子状亜硫酸0.8 mg/kg以上を確保）及び瓶詰めをした。甘口ワインは辛口ワインにショ糖を3%添加した。発泡性ワインは、アルコール発酵後におり引きし、ショ糖8 g/Lの添加及び瓶詰めを行い、約15℃で約2～4週間瓶内発酵を行って、少しにごりのある発泡性の辛口ワインとした。

\* 平成30年度～令和2年度 復興庁・農林水産省 食料生産地域再生のための先端技術展開事業（JPJ000418）のうち社会実装促進業務委託事業

\*\* 醸造技術部

\*\*\* 食品技術部

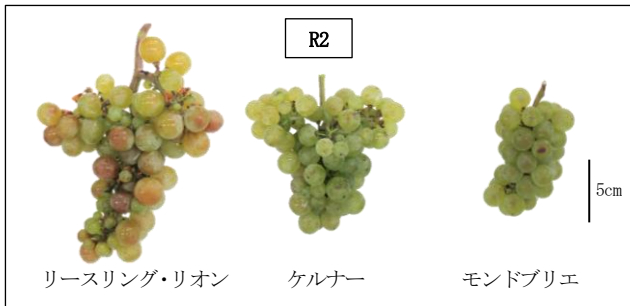
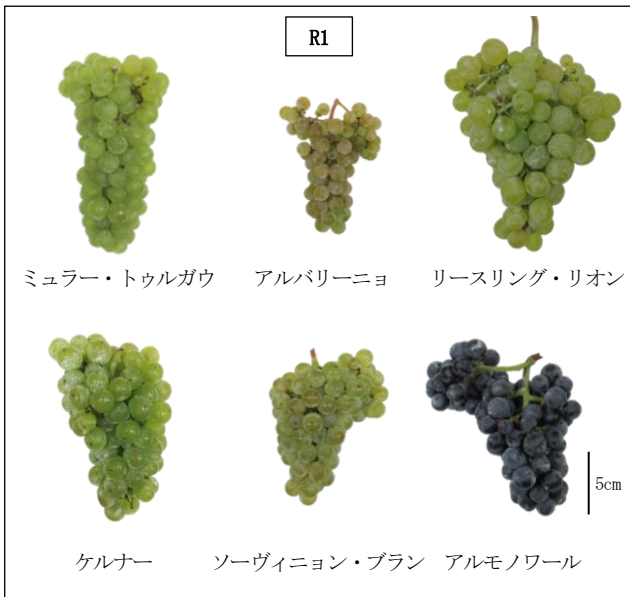
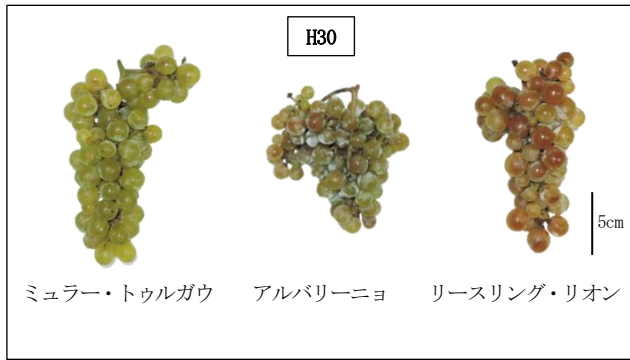


図1 供試ブドウの写真

アルモノワールから次の方法で赤ワインを試作した。果実を除梗及び破碎し、亜硫酸が 30 mg/kg になるようピロ亜硫酸カリウムを添加した。温度 4℃で5日間低温浸漬した後、酵母を添加して約 23℃でかもし発酵を5日間実施した。かもし発酵中は1日1～2回もろみを攪拌した。その後圧搾して約 20℃で発酵を継続した。また、アルコール発酵開始2日後に乳酸菌用発酵助成剤 Bactiv-Aid2.0 (Chr. Hansen 社製) 及びマロラクティック発酵 (MLF) 用乳酸菌 MBR PN4 (Lallemand 社製) を添加してコイノキュレーションで MLF を実施した。発酵は

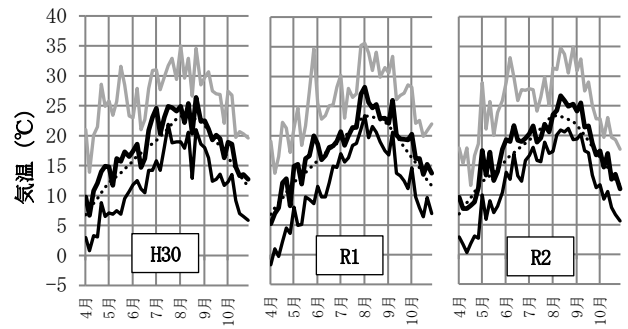


図2 大船渡市の半旬別平均気温<sup>2)</sup>

太線：平均気温、灰色線：最高気温、実線：最低気温、点線：平均気温の平年値

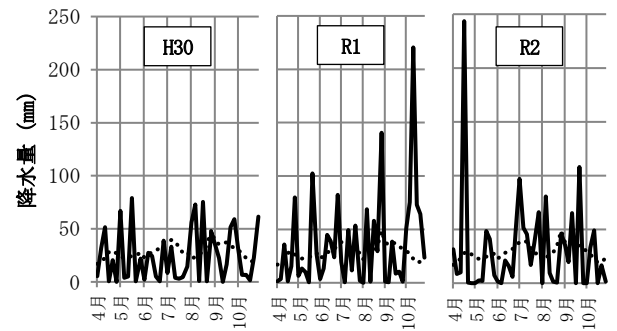


図3 大船渡市の半旬別降水量<sup>2)</sup>

実線：降水量、点線：降水量の平年値

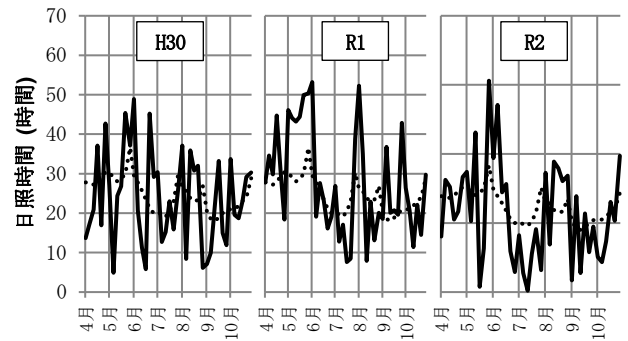


図4 大船渡市の半旬別日照時間<sup>2)</sup>

実線：日照時間、点線：日照時間の平年値

糖分及びリンゴ酸がほぼ 0g/l がとなった時点で終了し、品温 4℃まで冷却し、澱引き、ろ過及び瓶詰を行った。発酵終了後は、常に分子状亜硫酸が 0.6 mg/kg を確保できるようにピロ亜硫酸カリウムを添加した。

### 2-3 果汁及びワインの成分分析

比重、総酸(酸度を酒石酸濃度に換算)、アルコール分、エキス分、ガス圧は国税庁所定分析法<sup>3)</sup>に準じて、資化性窒素量はエタノールを使用した方法<sup>4)</sup>に準じて、Brix は糖度計、pH は pH メーターを用いて分析した。



表1 収穫日、搾汁率及び果汁成分

試験年度	品種	収穫日	果汁成分				
			搾汁率 (%)	糖度 (Brix)	pH	総酸 (g/l)	資化性窒素 (mg N/l)
H30	ミュラー・トゥルガウ	9/24	66.3	15.8	3.2	7.1	182
	アルバリーニョ	9/28	62.2	20.0	3.1	10.1	238
	リースリング・リオン	10/13	70.9	19.2	3.1	7.8	210
R1	ミュラー・トゥルガウ	9/24	66.5	14.7	3.3	6.2	150
	アルバリーニョ	9/25	56.9	21.7	3.3	7.1	158
	リースリング・リオン	10/3	64.7	18.4	3.1	8.2	187
	ケルナー	9/19	67.4	18.2	3.3	5.8	196
	ソーヴィニヨン・ブラン	9/23	52.5	20.0	3.3	6.4	157
	アルモノワール	10/3	69.4	19.7	3.2	7.9	147
R2	リースリング・リオン	10/11	53.6	17.6	3.2	7.6	165
	ケルナー	9/16	70.8	17.0	3.3	7.5	284
	モンドブリエ	9/24	72.0	18.4	3.1	10.0	274
平均値			64.4	18.4	3.2	7.6	196
最大値			72.0	21.7	3.3	10.1	284
最小値			52.5	14.7	3.1	5.8	147

表2 醸造方法、発酵日数及びワインの成分

試験年度	品種	ワインのタイプ	醸造方法の特記事項	使用酵母 <sup>※1</sup>	発酵日数	ワインの成分				
						アルコール分 (%)	エキス分	pH	総酸 (g/l)	ガス圧 (MPa) <sup>※4</sup>
H30	ミュラー・トゥルガウ	辛口		X16	20	11.4	2.2	3.2	8.5	-
		甘口	辛口+糖 3%				5.2			
	アルバリーニョ	辛口		ALPHA, VL1	20	11.5	2.5	3.2	10.2	-
		甘口	辛口+糖 3%				5.5			
	リースリング・リオン	辛口		ICV OPALE2.0	21	12.0	2.3	3.3	8.9	-
		甘口	辛口+糖 3%				5.3			
R1	ミュラー・トゥルガウ	発泡性	瓶内発酵	AWRI Fusion	19 <sup>※2</sup>	12.5	1.8	3.3	7.7	0.12
	アルバリーニョ	辛口		FLAVIA, QA23	16	13.0	2.8	3.3	7.5	-
	リースリング・リオン	辛口		ALPHA, X16	28	11.5	2.3	3.1	6.4	-
	ケルナー	辛口		ICV D47	16	11.7	2.5	3.2	7.0	-
	ソーヴィニヨン・ブラン	辛口		Sauvignon	19	10.8	2.3	3.3	7.2	-
	アルモノワール	辛口	マロラクティック発酵	RA17	13 <sup>※3</sup>	10.1	2.4	3.4	6.3	-
R2	リースリング・リオン	辛口	スキンコンタクト6時間	DELTA	35	12.7	1.9	3.3	6.6	-
	ケルナー	発泡性	瓶内発酵	SPARK	12 <sup>※2</sup>	12.1	1.7	3.2	6.8	0.19
	モンドブリエ	発泡性	瓶内発酵	SPARK	17 <sup>※2</sup>	12.9	2.0	3.0	9.4	0.17
平均値						11.9	2.8	3.2	7.7	0.16
最大値						13.0	5.5	3.4	10.2	0.19
最小値						10.1	1.7	2.9	6.3	0.12
国産市販白ワインの平均値 <sup>※5</sup>						11.8	3.2	3.6	6.1	-
国産市販赤ワインの平均値 <sup>※5</sup>						12.0	3.5	3.3	6.3	-

※1 X16, ALPHA, VL1, ALPHA, DELTA, SPARK : LAFFORT 社製。ICV OPALE2.0, FLAVIA, QA23, RA17 : Lallemand 社製。AWRI Fusion, Sauvignon : AB Biotek 社製。

※2 一次発酵の日数。瓶内発酵はさらに2～4週間実施。

※3 MLF 日数を含む。

※4 品温 20℃におけるガス圧

※5 引用文献6)

表3 ワインの官能評価結果

試験年度	品種	ワインの タイプ	官能評価結果				
			外観	香り	味	総合評価	コメント
H30	ミュラー・トゥルガウ	辛口	1.8	3.4	3.3	5.9	華やかな香り。すっきりとした味。
		甘口	1.8	3.4	3.6	6.6	華やかな香り。味のバランス良く、味に厚み。
	アルバリーニョ	辛口	2.0	2.9	3.0	5.3	穏やかな香り。酸味が強くしっかりとした味。
		甘口	2.0	3.0	4.0	6.0	穏やかな香り。甘味と酸味のバランスが良い。
	リースリング・リオン	辛口	2.0	2.9	3.3	5.8	穏やかな香り。甘味と酸味のバランスが良い。
		甘口	2.0	2.6	3.1	5.1	穏やかな香り。飲みやすい。
R1	ミュラー・トゥルガウ	辛口	1.8	3.2	3.4	5.9	リンゴやハーブ様香。きれいな酸味。すっきりした味。
	アルバリーニョ	辛口	1.7	3.5	3.2	6.1	花やレモンなどの果実様の穏やかな香り。ドライな味。
	リースリング・リオン	発泡性	2.0	4.4	3.5	7.3	花やトロピカルフルーツ様の華やかな香り。軽快な味。
	ケルナー	辛口	2.0	2.2	2.9	4.4	野菜様の香り。しっかりとした酸味。香味とも大人しい
	ソーヴィニオン・ブラン	辛口	1.8	3.6	3.4	6.7	トロピカルフルーツやハーブ様の華やかな香り。味のバランス良い。
	アルモノワール	辛口	2.0	2.9	3.3	5.4	ベリーなど果実様の優しい香り。果実感、少し渋味。
R2	リースリング・リオン	辛口	1.8	3.1	3.1	5.5	柑橘などの果実様の香り。少し渋味。後味がすっきりして飲みやすい。
	ケルナー	発泡性	1.4	2.9	2.9	5.1	花や果実様のはなやかな香り。酸味やや強い。なめらかな味。
	モンドブリエ	発泡性	1.8	3.2	3.2	5.6	果実や酵母様のおだやかな香り。はっきりとした酸味。シャープな味。
平均値			1.9	3.1	3.3	5.8	
最大値			2.0	4.4	4.0	7.3	
最小値			1.4	2.2	2.9	4.4	

※ 官能評価の評点：外観（0 不可、1 可、2 良）、香り（0 不可、3 良、5 優）、味（0 不可、3 良、5 優）、総合評価（0 不可、5 良、10 優）

## 2-4 ワインの官能評価

官能評価は、外観、香り、味、総合評価及びコメントで行い、独立行政法人酒類総合研究所認定清酒専門評価者又は一般社団法人日本ソムリエ協会認定ソムリエの資格を有する工業技術センター職員5名（平成30年度は4名）で実施した。

## 3 結果及び考察

平成30年から令和2年産の醸造用ブドウ7品種（ミュラー・トゥルガウ、アルバリーニョ、リースリング・リオン、ケルナー、ソーヴィニオン・ブラン、アルモノワール及びモンドブリエ）を供試して15種類のワインを試験醸造し醸造適性を評価した。

収穫日、搾汁率及び果汁成分を表1に示す。果汁の搾汁率は52.5～72.0（平均64.4）%、果汁の糖度は14.7～21.7（平均18.4）であり、ミュラー・トゥルガウは2年間とも糖度が低かった。総酸は5.8～10.1（平均7.6）g/lであり平成30年産アルバリーニョ及び令和2年産モンドブリエが10 g/l以上と多かった。資化性窒素は147～284（平均196）mg N/lであり、酵母が健全にアルコール発酵を行うために必要な最低量約140 mg N/l<sup>5)</sup>を上回っていた。以上の結果から糖度が低いものや総酸が高いものがあつたが、問題はなく醸造に適すると判断した。

醸造方法、発酵日数及びワインの成分を表2に示す。

発酵日数は、12～35日で発酵は健全に進んだ。ワインの成分は、アルコール分10.1～13.0（平均11.9）%、エキス分1.7～5.5（平均2.8）、pH2.9～3.4（平均3.2）、総酸6.3～10.2（平均7.7）g/lであつた。国産市販ワインの値<sup>6)</sup>と比較すると、唯一の赤ワインであるアルモノワールのpH及び総酸は、国産市販赤ワインの平均値と大差なかった。しかし、試験醸造白ワインの平均値、最大値及び最小値と国産市販白ワインの平均値を比較すると、pHは最大値でも国産市販白ワインの平均値未満であり、総酸は最小値でも国産市販白ワインの平均値を超えており、pHが低く総酸が多い冷涼な産地の特徴を示したと考えられる。

官能評価の結果を表3に示す。総合評価（0 不可、5 良、10 優）は、4.4～7.3の範囲で平均は5.8と良（5）を上回っており、品質は概ね良好であつた。ミュラー・トゥルガウは華やかな香りがあり、辛口は2年間とも5.9と評価が高く、甘口は6.6とさらに高得点であつた。アルバリーニョは花や果実様の穏やかな香りがあり評点は5.3～6.1と良好で、平成30年は辛口よりも甘口が高評価であつたが、令和元年の辛口も高評価であつた。リースリング・リオンは花や柑橘などの果実様の香りがあり3年間の評点が5.1～7.3で、評価は発泡性が最も高く、次いで辛口、甘口の順であつた。ケルナーの評点は辛口4.4、発泡性5.1と他の品種と比べて低かつ

た。ソーヴィニヨン・ブランは単年度の評価となったが、トロピカルフルーツやハーブ様の香りがあり評点 6.7 と高評価であった。アルモノワールは単年度の評価であったが、ベリーなどの果実様の香りがあり評点は 5.4 であった。モンドブリエも単年度の評価であったが、発泡性は酸味のはっきりとしたシャープな味で評点は 5.6 であった。特に高評価（6 点以上）だったのは、リースリング・リオンの発泡性、ソーヴィニヨン・ブランの辛口、ミュラー・トゥルガウの甘口、アルバリーニョの辛口であり、これらの品種は陸前高田市の優良品種として有望であることが明らかとなった。本試験は小規模による醸造試験であるため、スケールアップによる品質の変化や、栽培方法、他の醸造条件の検討も必要と思われるが、これらの有望な品種を軸として商品の幅を広げることで、ワインのさらなる品質向上ができると考えられる。今後も復興支援や県産ワイン品質向上に繋がる技術支援を継続したい。

#### 4 結 言

平成 30 年から令和 2 年産の醸造用ブドウ 7 品種（ミュラー・トゥルガウ、アルバリーニョ、リースリング・リオン、ケルナー、ソーヴィニヨン・ブラン、アルモノワール及びモンドブリエ）を供試して 15 種類のワインを試験醸造し、醸造適性を評価した。結果、果汁及びワインの成分、並びに発酵状況から全ての品種が醸造に適することが分かった。国産市販ワインの成分と比べると、白ワインは pH が低く、総酸が高い傾向であり、冷涼な産地の特徴と推察される。官能評価の評点の平均は 5.8 と良の 5 を上回っており、品質は概ね良好であった。特にリースリング・リオン、ソーヴィニヨン・ブラン、ミュラー・トゥルガウ、アルバリーニョのワインは評点 6 以

上の高評価であり、陸前高田市に適していることが示唆された。

#### 謝 辞

果実を提供いただきました有限会社 神田葡萄園様に感謝申し上げます。

本研究成果は、復興庁・農林水産省 食料生産地域再生のための先端技術展開事業 (JPJ000418) により得られた成果です。

#### 文 献

- 1) 岩手県農業研究センター:復興庁・農林水産省 食料生産地域再生のための先端技術展開事業 ブドウ新品種の導入による新たな加工品開発マニュアル (平成 30 年 2 月)
- 2) 気象庁ホームページ 過去の気象データ (<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>) を加工して作成
- 3) 国税庁所定分析法 (国税庁) <https://www.nta.go.jp/law/tsutatsu/kobetsu/sonota/070622/01.htm>
- 4) エタノールを使用したブドウ果汁の資化性窒素 (アミノ酸) 分析法 (暫定法) について (平成 28 年 10 月 13 日改訂) (独立行政法人酒類総合研究所) <https://www.nrib.go.jp/data/pdf/nribetabudobu.pdf>
- 5) 山梨県ワイン製造マニュアル (2020 年版)、山梨県酒造組合
- 6) 酒類総合研究所標準分析法注解、市販ぶどう酒の分析値 (平成 21 年度果実酒・リキュール鑑評会出品酒の分析値)、公益財団法人 日本醸造協会

## PCR 法による岩手県清酒酵母の判別\*

玉川 英幸\*\*

現在清酒製造では多様な株の酵母が用いられており、当センターでも県内の製造者に対し、20株以上の酵母を培養頒布している。今回著者は、PCR法を用いてきょうかい酵母と岩手県で育種開発された酵母を識別する方法について検討を行った。AWAIを対象としたPCRの結果、株間で増幅される断片長にある程度の多様性はあったものの、一部のきょうかい酵母と岩手県清酒酵母で同じ大きさが増幅されるなど完全な菌株の識別には至らなかった。5箇所のLTRを対象としたPCRを行ったところ、YPLWdelta7アレルでは今回評価したすべてのきょうかい酵母で増幅が認められた一方で、岩手県清酒酵母では増幅が認められなかった。これらの結果より、AWAIとYPLWdelta7をPCRで増幅することできょうかい酵母と岩手県清酒酵母は識別可能であることが明らかとなった。

**キーワード：PCR、多型、AWAI、長鎖末端反復**

## A PCR method for differentiation of iwate-original sake yeasts

Hideyuki Tamakawa

**Key words : PCR, Polymorphism, AWAI, Long terminal repeat**

## 1 緒 言

食品産業において古くから使用されている「酵母」の多くは *Saccharomyces cerevisiae* に分類される酵母である。清酒酵母、パン酵母、ワイン酵母、ビール酵母（上面）、焼酎酵母、そのすべてが分類上は *S. cerevisiae* に属している。様々な *S. cerevisiae* 実用酵母株について AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) によるクラスター解析を行った後藤らの報告によれば<sup>1)</sup>、*S. cerevisiae* に分類される実用酵母株は、(1)清酒酵母・焼酎酵母、(2)パン酵母・ワイン酵母・上面発酵ビール酵母など、(3)実験室株の3つのグループに分かれたとされており、遺伝的な差がこうした用途の差に繋がっているものと考えられる。しかしながら、これらの結果は逆に言えば、現在清酒酵母として利用されている酵母菌株間の遺伝的な差はさらに小さいものであり、染色体上の極めてわずかな塩基配列の違いが醸造特性に影響を与えていることは想像に難くない。

清酒酵母の菌株識別は古くから検討されており、主に生化学的性質を利用した手法や形態学的な手法が用いられている。これらは現在も有効な手法であるが、よく用いられる TTC 染色法<sup>2)</sup>、β-アラニン培地法<sup>3)</sup>、酸性フォスファターゼ染色法<sup>4)</sup>などは1つの方法で特異的な菌株を検出するものではなく、複数の手法を組み合わせることで初めて菌株の推測ができるものであり、評価項目が多くなるうえ培養に時間がかかるなどの欠点があった。そこで昨今では、菌株による遺伝的な違いを検出する手法の開

発が行われている。菌株の遺伝的な違いを検出する方法としては、ゲノム全体の違いを検出する方法として、パルスフィールド電気泳動<sup>5)</sup>や AFLP<sup>6)</sup>を用いた方法が報告されている。また、特定の遺伝子配列、ミニサテライト、反復配列などの塩基数が菌株間で異なる場合は、PCR (Polymerase chain reaction) で増幅される断片長を比較することで菌株を推測することが可能である。

PCR を行った際に清酒酵母の菌株間で増幅される DNA 断片長が異なっていれば、増幅される断片の大きさで菌株を判定できるため、菌株識別のための極めて便利な標的領域となる。しかし、こうした遺伝子座はほとんど報告がない。Shimizu らは AWAI 遺伝子を標的として PCR を行った場合、菌株間で増幅される断片の大きさが異なることを報告した<sup>7)</sup>。AWAI は高泡形成に関わる遺伝子であり、N 末端に分泌シグナル、C 末端に GPI アンカー領域を有する細胞表層タンパク質がコードされている。また、セリンリッチな繰り返し配列を多く含み、繰り返しの数が菌株間で異なっていることから PCR で増幅される DNA 断片長が異なると考えられている<sup>7,8)</sup>。

酵母ゲノム中には、可動性遺伝因子であるレトロトランスポゾン Ty1、Ty2、Ty3、Ty4、Ty5 が存在することが知られている。これら Ty 因子は自分自身を元の位置に維持したまま、転写・逆転写により新たな染色体領域に転移し、染色体上でのコピー数を増加させる。また、その両末端には長鎖反復配列 (Long terminal repeat; LTR) を有しており、稀に LTR 内での組換えにより Ty

\* 令和2年度 技術シーズ創成研究事業 育成ステージ

\*\* 醸造技術部

因子が切り出されて失われることがある。その場合、Ty因子が存在した痕跡として1コピーのLTRが残存する。Ty1とTy2の場合はdelta配列と呼ばれるLTRが残存することが知られており、特にTy1delta配列は酵母染色体に200コピー以上存在する最も多いLTRであることが報告されている<sup>9)</sup>。こうしたTy因子の転移は酵母菌株で独立して行われるため、菌株間では転移履歴が異なっている可能性がある。Hayfordらはdelta配列およびLTR外側に設計されたプライマーを用いてdelta配列間の長さやTy因子転移の有無をPCRで検出することでワイン酵母についてはある程度の菌株識別が可能であることを報告した<sup>10)</sup>。福田らは清酒酵母においてLTRが偏在する領域やLTR付近にDubious ORFが存在する領域を対象として100以上のプライマーセットを用いてPCRを行い、日本醸造協会が所有する清酒酵母(協会系酵母)間ではそのうちYLRWdelta20、YDRWdelta25、YELWdelta5、YGRWdelta21、YPLWdelta7の5つの領域において増幅の差異が認められたと報告した<sup>11)</sup>。このようにLTRの違いは菌株識別として重要な標的領域であると考えられる。

今回著者は清酒酵母の菌株間で多型が報告されている

こうしたゲノム上の配列をPCRで増幅することによって岩手県で開発された清酒酵母ときょうかい酵母の比較を行ったので報告する。

## 2 実験方法

### 2-1 菌株と培養方法

使用した酵母株はTable1に示した。各酵母株はYPD2液体培地(20g/Lグルコース、10g/L酵母エキス、20g/Lペプトン)30°Cで2日間静置培養した。

### 2-2 PCR増幅

酵母菌体からのゲノムDNAの抽出にはPrepMan Ultra Sample Preparation Reagent(Thermo Fisher Scientific, San Jose, CA, USA)を用い、付属のプロトコールに従って行った。PCRはSimpliAmp Thermal Cycler(Thermo Fisher Scientific)とEX Taq HS(Takarabio, Shiga, Japan)を用いて行った。

PCRで増幅する領域は、清酒酵母間で多型が報告されているAWA1<sup>9)</sup>と5つのLTR(YLRWdelta20、YDRWdelta25、YELWdelta5、YGRWdelta21、YPLWdelta7)<sup>11)</sup>を対象とした。それぞれを増幅するプライマーは各文献記載の配列を用いた(Table2)。反応液は1.0%アガロースS(Nippon Gene, Tokyo, Japan)を用いてゲル電気泳動した。

Table1 Strains used in this study

Strain	Relevant genotype	Reference
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		
F2 (Jobanni-no shirabe)	derived from ginjyo No. 2	12
P40 (Yu-konoomoi)	derived from ginjyo No. 2	12
FoxIw201	Non-urea-producing mutant derived from Iw201	13
K7	Wild type	Brewing Society of Japan
K701	Non-foaming mutant derived from K7	Brewing Society of Japan
K9	Wild type	Brewing Society of Japan
K901	Non-foaming mutant derived from K7	Brewing Society of Japan
K1801	Hybrid of haploid from K901 and haploid from K1601	Brewing Society of Japan
S288C	Laboratory strain	-
SAF	Isolated from commercial dry baker's yeast	-

Table2 Primers used in this study

Primer name	Sequence(5'-3')	target gene
AWA1Fw	ATGTTCAATCGCTTTAATAAACTTCAAGCC	AWA1
AWA1Rv	TTAGTTAAAGAAAGCAAGAACGAAAATACC	
YLRWdelta20-F	TCACGTCAGAATAGTTTTTGTGCATCTATG	YLRWdelta20
YLRWdelta20-R	AAATGGATGGATAATTTGATAATTGCTGGG	
YDRWdelta25-F	ATGGAGACAAATACGCGCAAATTGAGCATC	YDRWdelta25
YDRWdelta25-R	GTTGTAAGACTCGATGCACTAAACAGTCAT	
YELWdelta5-F	TTCTCATCATTTGCGTCATCTTCTAACACC	YELWdelta5
YELWdelta5-R	GCTTTTTCTACATTCAATGACTACTTCTCG	
YGRWdelta21-F	GCTTTGTATTGGATCTTATAGCACTGCTTC	YGRWdelta21
YGRWdelta21-R	GGCGTTACTTACATGTGATAGGTTTCATTAG	
YPLWdelta7-F	GTATGGTCAGAAAATGATCGTGGTGTTC	YPLWdelta7
YPLWdelta7-R	ATCCTTGCGTTTCAGCTTCCACTAATTTAG	



### 3 結果及び考察

#### 3-1 *AWA1* 配列の増幅

*AWA1* 遺伝子を PCR で増幅した結果を Figure 1A に示した。きょうかい酵母の結果については概ね過去の報告を再現したが、K701 株については 6.3 kbp が増幅されたという Shimizu らの報告<sup>9)</sup>を再現せず、増幅が認められなかった。K701 株は K7 株の泡なし化変異株であり、下飯らの報告によれば K701 の *AWA1* 遺伝子は C 末端領域に第 IX 番染色体が転座して欠損している<sup>8)</sup>。今回 PCR で使用したリバースプライマーのアニールサイトも存在せず、本来であれば増幅しないはずである。したがって、

福田らの報告は非特異的な増幅である可能性が高く、本検討結果と異なるのは PCR の酵素や装置条件の違いに起因するものと思われる。なお、K901 株、K1801 株は K9 株を親株として育種されたものであり、同一の *AWA1* 遺伝子を有していると考えられ、同じ大きさの断片が増幅された。

岩手県酵母については F2 株で約 5 kbp、FoxIw201 株で約 7 kbp と今回評価したきょうかい酵母株とは異なる大きさが増幅されたものの、P40 株では K9 株、K901 株、K1801 株と同一の約 4 kbp が増幅され、*AWA1* 遺伝子の PCR 産物評価だけでは識別不能であった。

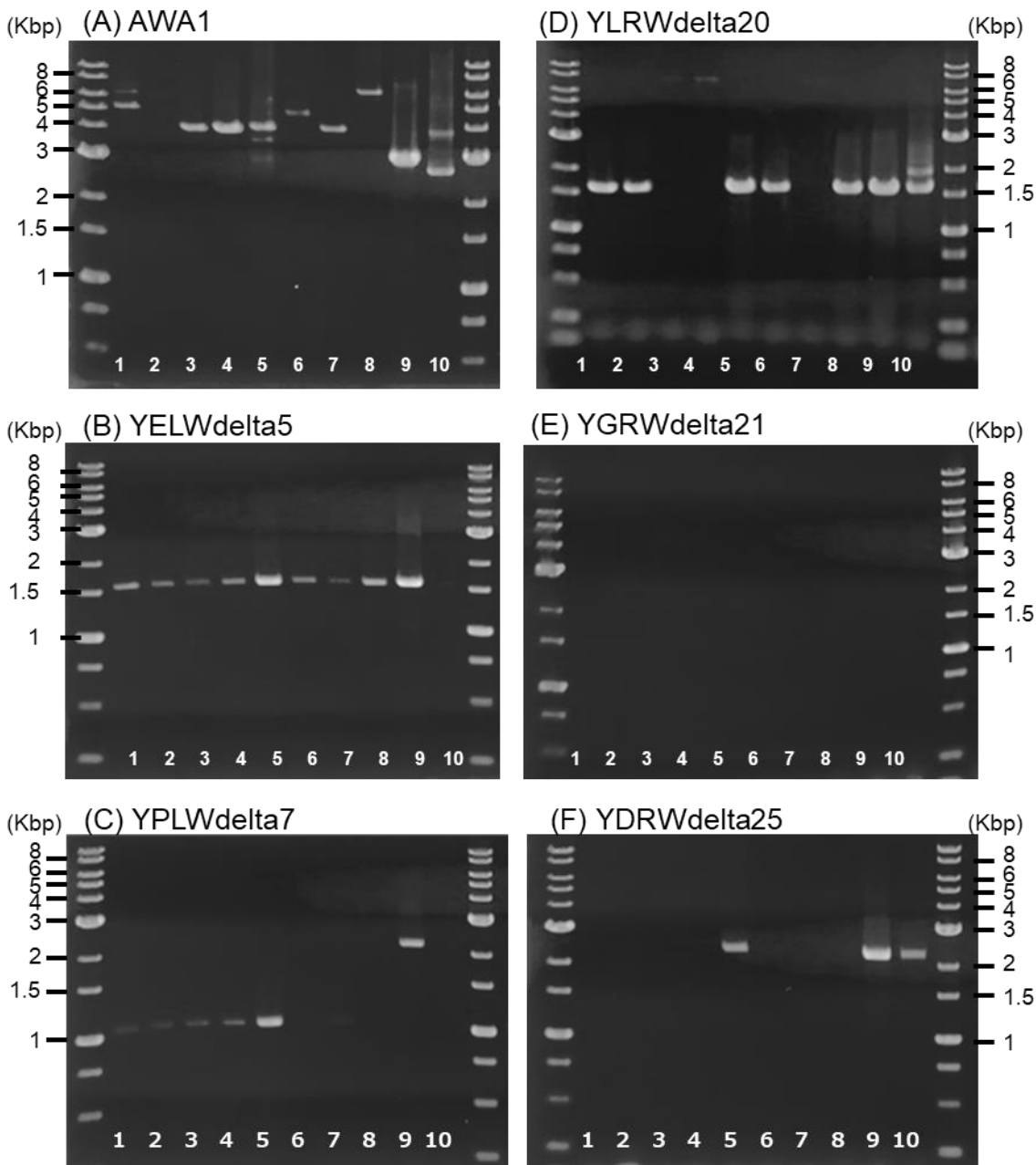


Figure 1 PCR amplification patterns of *AWA1*(A), *YELWdelta5*(B), *YPLWdelta7*(C), *YLRdelta20*(D), *YGRWdelta21*(E) and *YDRWdelta25*(F). Lane 1-10 indicate the results of K7, K701, K9, K901, K1801, F2, P40, FoxIw201, S288C and SAF, respectively.

Table3 Summary of PCR amplification pattern

Strain	<i>AWA1</i> (kbp)	<i>YELW</i> <i>delta5</i>	<i>YPLW</i> <i>delta7</i>	<i>YLRW</i> <i>delta20</i>	<i>YGRW</i> <i>delta21</i>	<i>YDRW</i> <i>delta25</i>
K7	5+6	+	+	+	-	-
K701	-	+	+	+	-	-
K9	4	+	+	-	-	-
K901	4	+	+	-	-	-
K1801	4	+	+	+	-	+
F2	4.5	+	-	+	-	-
P40	4	+	-	-	-	-
FoxIw201	6	+	-	+	-	-
S288C	3	+	-	+	-	+
SAF	2.5+3.5	-	-	+	-	+

### 3-2 LTRの増幅

各 LTR を PCR で増幅した結果を Figure 1B-F に示した。*YELWdelta5* 遺伝子座は市販パン酵母である SAF 株でのみ増幅しなかった。*YPLWdelta7* 遺伝子座はきょうかい酵母株でのみ増幅し、岩手県清酒酵母株と SAF 株では増幅しなかった。また実験室酵母 S288C 株では増幅したものの、大きさが異なっていた。*YLRWdelta20* 遺伝子座では K9 株、K901 株、P40 株でのみ増幅しなかった。*YGRWdelta21* 遺伝子座はすべての株で増幅が認められなかった。*YDRWdelta25* 遺伝子座は K1801 株、S288C 株、SAF 株でのみ増幅が認められた。

### 3-3 菌株の識別

*AWA1* と各 LTR の増幅有無の概略を Table3 に示した。*AWA1* は各株において増幅される DNA 断片の大きさは異なっており、各菌株を識別するうえで最も特定力の高い遺伝子座と考えられた。一方、*YPLWdelta7* 遺伝子座は増幅することできょうかい酵母と岩手県清酒酵母を識別することが可能であり、基本的にこの2つの遺伝子座を評価すれば岩手県清酒酵母については概ね識別が可能であることが明らかとなった。その他例えば K1801 株を識別したい場合には *YDRWdelta25* 遺伝子座を、実験室酵母 S288C を識別したい場合には *YPLWdelta7* 確認するなど必要な知見が得られたと考えられる。

## 4 結 言

PCR 法を用いて当センターで取り扱いのあるきょうかい酵母と岩手県で開発された清酒酵母を識別する方法について検討を行った。*AWA1* を対象とした PCR の結果、株間で増幅される断片長にある程度の多様性があることが確認された。さらに5箇所 LTR を対象とした PCR を行ったところ、*YPLWdelta7* アレルでは今回評価したすべてのきょうかい酵母で増幅が認められた一方で、岩手

県清酒酵母では増幅が認められなかった。これらの結果より、*AWA1* と *YPLWdelta7* を PCR で増幅することで頒布しているきょうかい酵母と岩手県清酒酵母は識別可能であることが明らかとなった。

## 文 献

- 1) 後藤奈美: 日本醸造協会誌 103, p418-425 (2008)
- 2) 村上英也, 吉田清, 野呂二三, 稲橋正明, 服部裕子: 日本醸造協会雑誌, 77, p181-184 (1982)
- 3) 飯野修一, 渡辺正平: 山梨食工指報告 p41-44 (1984)
- 4) 佐藤圭吾, 金桶光起, 青木俊夫, 鍋倉義仁, 渡邊健一: 日本醸造協会誌, 100, p209-213 (2005)
- 5) 柳田藤寿, 押田明成, 篠原隆: 山梨大学醱酵研究所研究報告, p13-19 (1992)
- 6) Shimizu M, Miyashita K, Kitagaki H, Ito K and Shimoi H: *Journal of bioscience and bioengineering*, 100, p678-680 (2005)
- 7) Shimoi H, Sakamoto K, Okuda M, Atthi R, Iwashita K and Ito K: *Applied and environmental microbiology*, 68, p2018-2025 (2002)
- 8) Miyashita K, Sakamoto K, Kitagaki H, Iwashita K, Ito K, and Shimoi H: *Journal of bioscience and bioengineering*, 97, p14-18 (2004)
- 9) 赤尾健: 日本醸造協会誌, 107, p366-380 (2012).
- 10) Hayford AE, Jespersen L: *Journal of applied microbiology*, 86, p284-294 (1999).
- 11) 福田央, 周延, 三上重明: 日本醸造協会誌, 107, p57-67 (2012)
- 12) 米倉裕一, 中山繁喜, 平野高広, 山下佑子: 岩手県工業技術センター研究報告, 15, p89-91 (2008)
- 13) 佐藤稔英, 山下佑子, 中山繁喜, 米倉裕一: 岩手県工業技術センター研究報告, 19, p54-57 (2017)

# 梅酒漬け梅の利用検討\*

山下 佑子\*\*

梅酒製造時の副産物である梅酒漬け梅の有効利用を目的として、含まれるクエン酸の分析とエキス抽出試験を行った。その結果、梅酒漬け梅には利用可能な量のクエン酸が残存していることが明らかとなり、糖による浸透圧を利用した抽出を行うことでクエン酸を含む清澄なエキスを回収することができた。また、この工程は梅酒漬け梅の廃棄量削減にも効果があることが分かった。

**キーワード：**梅酒、梅酒漬け梅、リサイクル

## Investigation of utilization method of Tsuke-ume(*Prunus mume*) of Ume Liqueur

YAMASHITA Yuko

**Key words :** Ume Liqueur, Tsuke-ume, Recycling

### 1 緒言

梅酒漬け梅は、梅酒の製造時に産出される副産物である。梅酒製造後の梅の重量減少は約1割との報告<sup>1)</sup>があり、原料使用量の約9割が梅酒漬け梅として産出されることになる。そのため、古くからペースト化による再原料化<sup>2)</sup>や、飼料/肥料としての利用、機能性素材としての利用が検討<sup>3)</sup>されてきた。

しかし、加工に手間が掛かることから、県内の酒造メーカーにおいては、現在でもそのほとんどが未利用の状態であり、費用をかけて廃棄されているのが現状である。

そこで本研究では、梅酒漬け梅の分析を行うとともに、飲料や食品への再利用を目的として、簡便な方法で有用成分を回収する手法について検討した。

### 2 実験方法

#### 2-1 分析サンプル

分析に用いた梅酒漬け梅は、生産者別(A、B、C)、品種別(豊後、白加賀)、梅酒製造の浸漬前後別の合計8種類で、全て令和2年産のものを試験に供した。

梅は種と可食部を分け、可食部に重量の10倍量の蒸留水を加え、ストマッカーで1分間粉碎処理し、得られた上清を分析サンプルとした。梅酒製造はベース酒(清酒原酒、アルコール分18.9%)に糖類と生産者・品種別にネットに分けた梅を同一タンクに一定期間浸漬した。ベース酒と完成後の梅酒(アルコール分11.7%)についても梅サンプルと同様に分析した。

これらのサンプルは全て株式会社浜千鳥より提供を受けた。

#### 2-2 成分分析

各サンプルのクエン酸濃度は、Fキットクエン酸(ロ

シュ製)で測定した。

抽出エキスのアルコール濃度は、アルコメイトAL-3型(ウッドソン製)、Brix%はポケット糖度計PAL-S(アタゴ製)を用いて測定した。

#### 2-3 エキス抽出試験

梅酒漬け梅のエキス抽出は、生産者Aの豊後と白加賀を用いて行った。梅酒漬け梅200gに対しグラニュー糖100gを加え、密閉容器に入れた状態で2週間常温にて静置後、固液分離しエキスを回収した。

### 3 結果及び考察

#### 3-1 梅酒漬け梅に残存するクエン酸

梅酒漬け梅の可食部割合とクエン酸含量を表1に示す。また、ベース酒のクエン酸含量は検出限界以下で、梅酒中の含量は0.9%であった。

分析の結果、梅酒と梅酒漬け梅のクエン酸含量はほぼ同程度で平衡に達していたが、梅酒の製造前後で可食部の重量割合は8割程度でほとんど変化していないことがわかった。

分析結果より計算すると、梅酒漬け梅には原料梅の2~3割程度のクエン酸が残存していることとなる。そのため、梅酒漬け梅を加工することにより、残存しているクエン酸が利用できるものと考えられた。

#### 3-2 梅酒漬け梅からのエキス抽出

梅酒漬け梅に一定量のクエン酸が残存していることから、これを利用するためにグラニュー糖を使用し、浸透圧を利用したエキス抽出を試みた。いわゆる「糖しぼり」と呼ばれる手法である。

得られたエキスの分析結果を表2に示す。各エキスのクエン酸回収率は50%以上と十分に抽出することがで

\* 令和2年度 技術シーズ創生研究事業 育成ステージ

\*\* 食品技術部

表1 梅酒漬け梅の分析結果

生産者	品種	梅可食部割合 (g/100g 梅)		クエン酸含量 (g/100g 梅可食部)		クエン酸 残存率 (%)
		浸漬前	浸漬後	浸漬前	浸漬後	
		A	豊後	80.0	79.6	
A	白加賀	83.9	81.6	2.6	0.6	23.1
B	白加賀	74.9	80.3	4.0	0.7	17.5
C	白加賀	81.0	79.1	3.4	1.0	29.4

表2 梅酒漬け梅のエキス抽出試験結果

生産者	品種	クエン酸残 存量 (g /200g 梅)	回収エキス 重量 (g)	エキス中の クエン酸 (g/100g)	クエン酸 回収率 (%)	Brix%	Alc (vol%)
A	豊後	1.27	159.2	0.40	50.0	51.9	5.1
A	白加賀	1.04	183.3	0.41	71.4	51.7	6.9

きた。また、クエン酸同様にアルコール分も抽出されており、風味は「甘味が強い梅シロップ」様で、粉碎や加熱工程がないことから清澄な液体であり、食品原料としてだけではなく、梅酒の原料糖類としての使用にも適していると考えられた。

また、この工程は特段のエネルギーを使用せず、エキス抽出によって梅酒漬け梅の重量が減少する。本試験での重量減少率は、豊後で29.6%、白加賀で41.7%となり、廃棄コストの低減にも効果が見られた

#### 4 結 言

梅酒漬け梅の有効利用を目的として、クエン酸残存量の分析とグラニュー糖を用いたエキス抽出試験を行った。その結果、梅酒漬け梅に残存しているクエン酸の50%以上を回収することができた。また、得られたエキスはアルコール分を含んでおり、風味が良く、濁りを除去するための濾過処理の必要がないことから、食品や酒類の原料としての活用が期待できる。

また、この工程により梅酒漬け梅の重量が減少することから、廃棄コスト低減にも寄与できることが分かった。

現在、県内企業にて100kg程度の漬け梅を用いた実製造レベルのエキス抽出試験を行っており、品質の確認とコストの計算を行う予定となっている。早期の実用化を期待したい。

#### 謝 辞

本研究の分析サンプルをご提供いただいた株式会社浜千鳥様に心より感謝いたします。

#### 文 献

- 1) 山田聡子、青柳康夫、菅原龍幸：日本食品工業学会誌，38，288～293（1991）
- 2) 藤井正視：公開特許公報，昭54-32652
- 3) 因野洋一、西村和彦：大阪食とみどり技セ研報，42，25～29（2006）

地方独立行政法人岩手県工業技術センター研究報告

令和4年3月 第24号

Journal of Local Independent Administrative Agency  
Iwate Industrial Research Institute  
2022 March Vol.24

発行 令和4年3月16日

地方独立行政法人岩手県工業技術センター

〒020-0857 岩手県盛岡市北飯岡 2-4-25

電話：019-635-1115

FAX：019-635-0311

ホームページ：<http://www2.pref.iwate.jp/~kiri/>

電子メール：CD0002@pref.iwate.jp