

## ローカル5Gによるカメラ映像伝送

浦元 明 清家 翼 高橋祐二\*

Camera video transmission by local5G

URAMOTO Akira, SEIKE Tsubasa and TAKAHASHI Yuuji

ローカル5Gを用いたカメラ映像伝送を行い、通信遅延の評価を実施した。Ping 応答時間を調べたところ、ローカル5Gの通信速度は、有線接続のそれとほぼ同じであった。映像伝送においてローカル5Gは、HDMI出力と比較しても遜色ないスピードでの伝送が可能であった。また、画像のエンコード等による処理時間の方が、データが通信網を移動する時間に比べて大きいのが、ローカル5Gでは視認可能な表示遅延がなく伝送できることが分かった。

キーワード：ローカル5G、映像伝送、エッジAI、伝送遅延

### はじめに

ローカル5Gの超高速・超低遅延・多数同時接続の3つの主要性能を有し、主に建物内や敷地内での利活用について個別に免許される5Gシステムである<sup>1)</sup>。様々な利用用途が検討される中、ローカル5Gの性能を活かす機能として、AI・映像解析等による検知・フィードバックは総務省の令和3年度ローカル5G開発実証においても共通して多く用いられている事が報告されている<sup>2)</sup>。用途展開に期待されるAI・映像解析であるが、一方でAIについては、通信コストの削減や、低遅延処理が可能であることなどからクラウド型のAIからエッジAIで処理を行う用途が広がってきている。そこで、本研究では、カメラで取得した映像をエッジAIによる処理を行い、ローカル5G通信を用いて伝送し、遠隔で表示を行うこととした。

### 実験環境

#### 1. ローカル5Gの通信

本研究において、(株)愛媛CATVが愛媛県産業技術研究所内に整備した基地局をローカル5Gの環境として使用した。ローカル5Gは、Sub-6の周波数帯の電波を利用する通信と、ミリ波の周波数帯の電波を利用する通信の2種類がある。ミリ波を利用した通信実験は、インターネットに接続し、YouTube Liveを利用し行った。Sub-6を利用した通信実験は、図1のように閉域網を利用した通信網を利用し、端末間で行った。

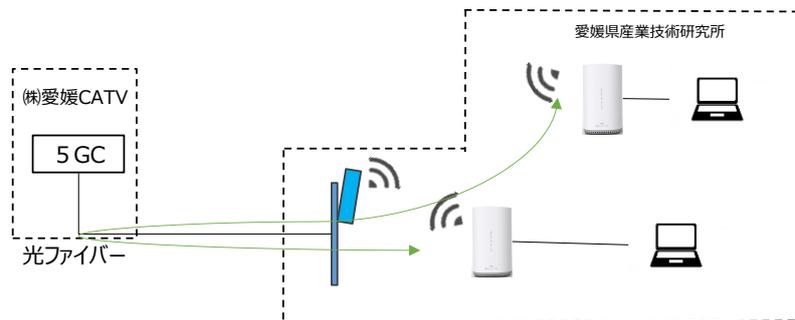


図1 Sub-6を利用したネットワーク閉域網

#### 2. 映像の伝送

AI処理映像の伝送用の端末は、NVIDIA製Jetson Xavierと表1に示すPCを用いた(写真1)。また、映像撮影用にUSBカメラのLogicool製C270n(720p)を接続した。また、比較対象として、HDMI出力可能なカメラPanasonic製DC-G9L及び、表2に示す仕様のエンコーダ/デコーダHYTECINTER製TCS-8500を用いた。

\* 株式会社愛媛CATV

この研究は、「5G活用イノベーション創出事業」の予算で実施した。



写真1 エッジ AI 処理端末

表1 表示用 PC の仕様

CPU	Corei7-97750H
GPU	GeForceRTX2060
RAM	DDR4 2667MHz
Display	FullHD 液晶,144Hz

表2 エンコーダ/デコーダの仕

圧縮方式	H.264、H.265、MJPEG
入力解像度	320 x 240 ~ 3840 x 2160
最大フレームレート	60fps

## 実験方法

### 1. ローカル5G通信の評価

通信環境による通信速度の差異を比較するため、端末間での Ping による応答時間、iperf3 による実行速度及びパケットロスについて調査した。Ping による応答時間評価は、ローカル5G、Wi-Fi5 11.ac、有線接続 (Cat7) による比較を実施し、iperf3 では、User Datagram Protocol (UDP) による測定を行った。

### 2. 閉域網を利用した映像伝送

図2に示すように、エンコーダ/デコーダを使用した2種類の映像伝送実験を実施し、カメラに写したストップウォッチの直接的な画像とローカル5G基地局を折り返して戻ってきた画像により時間差を比較した。映像伝送は、UDP を利用する通信である Moving Picture Experts Group-TransportStream(MPEG-TS)で実施した。動画圧縮規格は H.264 とし、フレームレートは 30p とした。カメラ出力での遅延を確認するため、カメラとディスプレイを HDMI ケーブルで接続した場合の表示遅延も計測した。

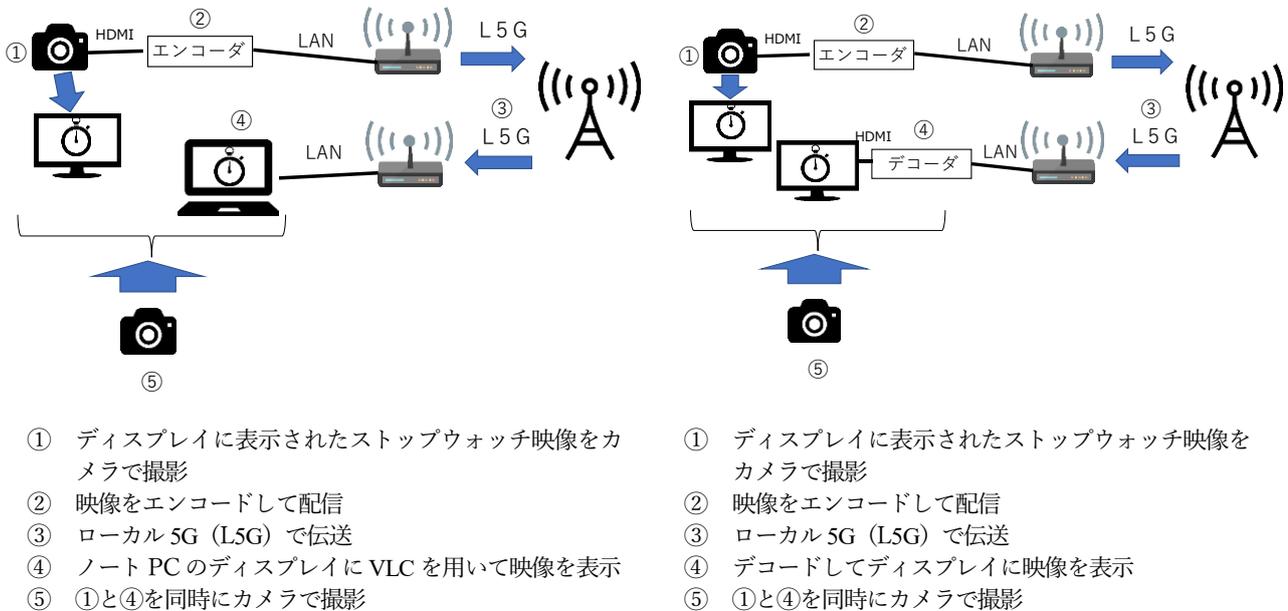


図2 エンコーダ/デコーダを使用した映像伝送

### 3. AI 処理画像表示遅延の評価

AI 処理として ObjectDetection を行い、カメラ映像に表示された Bounding Box を含めた映像をローカル 5G 通信で伝送し、ディスプレイに表示した。エッジ AI が処理した映像について、Wi-Fi ルーターを用いた LAN 内通信と、ローカル 5G 通信の遅延差を図 3 に示す手順に従い評価した。

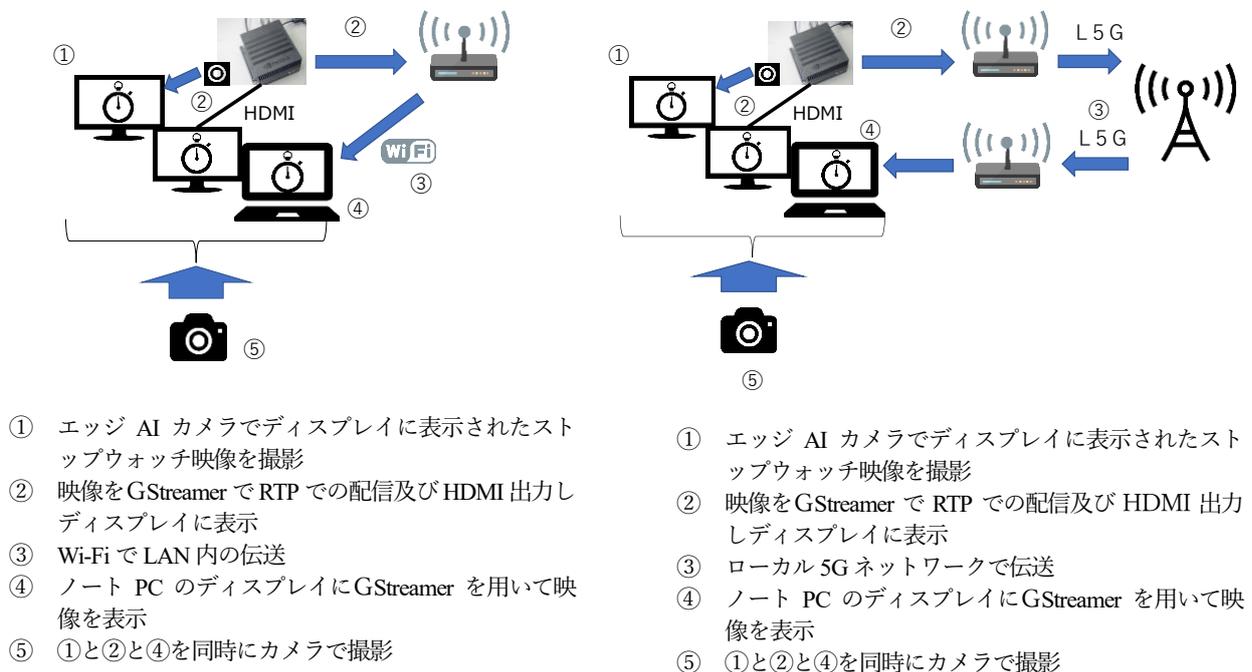


図3 表示遅延の評価方法

## 結果と考察

### 1. ローカル 5G 通信の評価

端末間の応答時間を Ping により 20 回測定し、応答時間の中央値を算出した。結果を図 4 に示す。端末をそれぞれ別ルーターに有線接続し、ルーター間をローカル 5G で通信した際の Ping の中央値は 1.44ms であった。同一端末を用いて、ルーターに Wi-Fi 接続し、LAN 内での Ping 測定を同様に行った結果、応答時間の中央値は 353ms であった。同一ルーターでの Wi-Fi 接続と比較し、ローカル 5G の通信は格段に早い応答時間となった。また、同一ルータ

一に Cat7 の LAN ケーブルを使用して有線接続を行った場合の Ping の中央値は、1.22ms であった。これらの結果から、ローカル 5G の折り返し通信は、同一ルーター LAN 内の有線接続による通信と同等の応答時間であることが分かった。

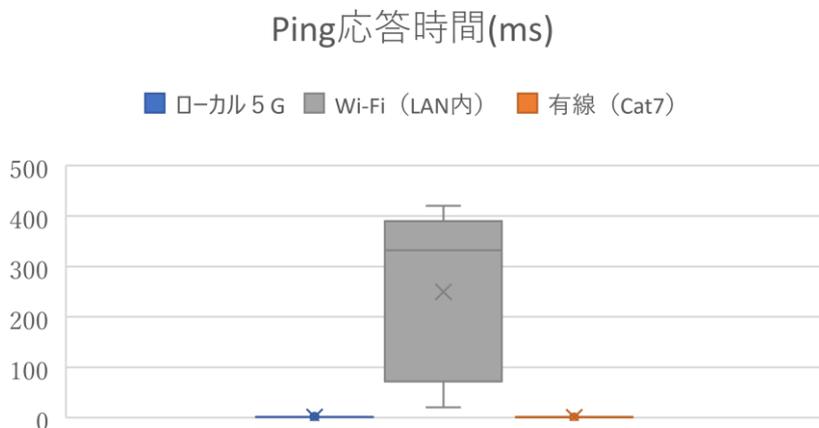


図4 Pingによる応答時間測定結果

次に、端末間での iperf3 を用いた測定結果を図5に示す。

図5の結果から、測定を実施したポイントでは、15Mbit/sec の実行速度では、中央値が 14.35Mbit/sec と要求に近い値で通信が安定し、実行速度の振れ幅も少なく、パケットロス率の中央値も 0.95%と低い値であった。一方、20Mbit/sec での測定では、実行速度の中央値が 17.75Mbit/sec、パケットロス率の中央値が 5.4%となった。この結果から、今回の試験を実施したポイントでの UDP 通信では、15Mbit/sec 以下のデータ通信の方が安定した通信が可能であることが確認できた。

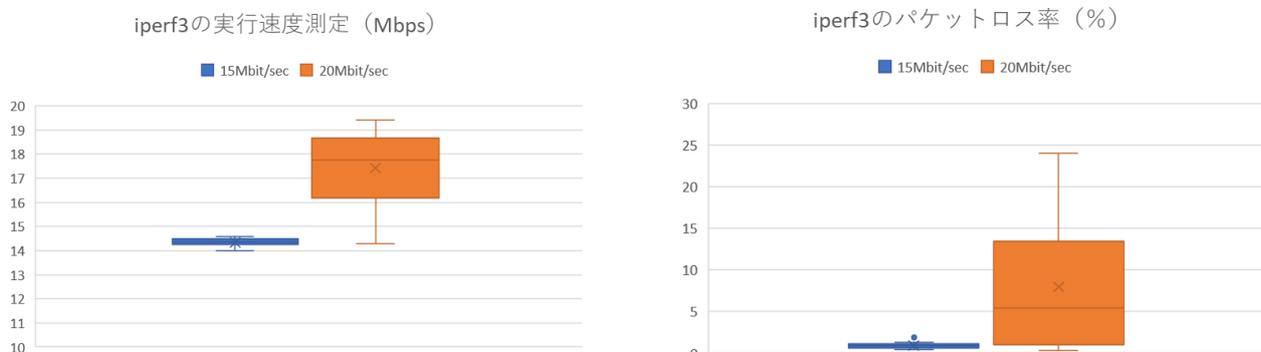


図5 iperf3による測定結果

## 2. 閉域網を利用した映像伝送

エンコーダとデコーダを使用し、ストップウォッチ (SW) 映像の時間差を比較した結果を図6に示す。



図6 SW映像時間差測定結果

エンコーダと VLC を用いて時間差を比較した結果、中央値は 1.44 秒であった。同様にエンコーダとデコーダを用いて時間差を測定した中央値は 0.604 秒であった。また、カメラとディスプレイをケーブル接続した際の時間差の中央値は 0.2235 秒であった。

### 3. AI 処理画像表示遅延の評価

ObjectDetection を行い、カメラ映像に表示された Bounding Box を含めた映像の伝送を行った。また、同時にストップウォッチ映像の配信も行い、同時に出力映像を表示した。

映像伝送は、GStreamer を利用して H.264 でのエンコードを行った。通信プロトコルは UDP を用いることとし、低遅延・高速通信を重視する Real-time Transport Protocol (RTP) を用いた映像伝送を写真 2 のように行った。



写真 2 RTP 配信を行った様子

写真 2 に示した方法で、ストップウォッチ (SW) 映像と、エッジ AI 端末から直接 HDMI ケーブルを用いて映像出力したストップウォッチのディスプレイ表示との時間差を測定した。また、ストップウォッチ (SW) 映像と、エッジ AI 端末から RTP 配信した映像を Wi-Fi 又はローカル 5G 経由で伝送後、ノート PC のディスプレイに表示されたストップウォッチ映像との時間差についても測定を行った。Wi-Fi とローカル 5G を利用した際の表示結果を図 7 に示す。

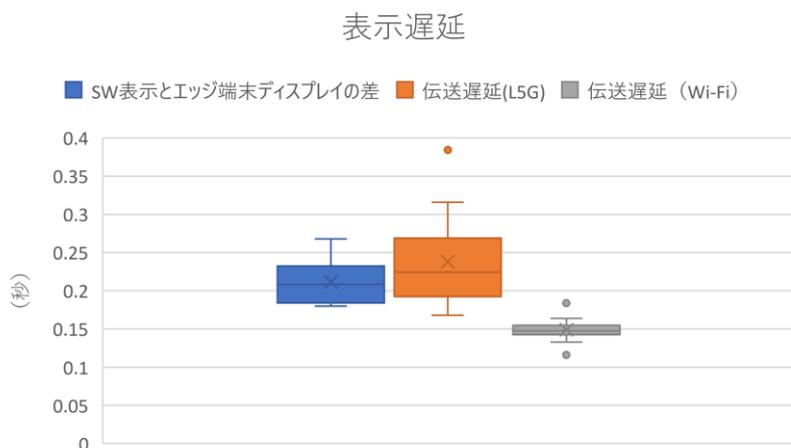


図 7 表示遅延評価結果

図 7 から、中央値を用いた評価では、LAN 内での Wi-Fi 通信で遅延が少ない結果となった。ローカル 5G 通信は、Wi-Fi 通信よりは遅延が発生していたが、HDMI 出力によるディスプレイ表示と比較しても遜色ないスピードであり、低遅延での映像伝送が可能であることが分かった。また、視覚誘発電位の測定において視覚刺激提示に対応した最初の視覚皮質の反応は約 30~40 ミリ秒後であることが報告されている<sup>3)</sup>ことから、視覚皮質の反応より短い時間での遅延となり、L5G を用いた通信においても、視認可能な表示遅延は起こらないという事が確認できた。ロー

カル5G通信において、エンコーダ/デコーダを用いて処理した映像伝送よりもGStreamerを用いて行った映像伝送で約0.4秒表示が短くなったことから、通信遅延に関してはエンコード/デコードに要する時間と比較して影響が少ないことが分かった。

## ま と め

ローカル5Gによるカメラ映像伝送に取り組んだ結果以下の成果を得た。

1. ローカル5Gの折り返し通信は、同一ルーターLAN内での有線接続による通信と同等のPing応答時間であることが分かった。
2. HDMI出力によるディスプレイ表示と比較しても遜色ないスピードで、ローカル5Gによる映像伝送が可能であることが分かった。
3. ローカル5Gを用いた通信でもエッジAI端末からの映像を視認可能な表示遅延がなく伝送することができた。
4. ローカル5Gを用いた映像通信遅延はH.264を利用したエンコード/デコードと比較して少ないことが分かった。

## 文 献

- 1) 令和2年版 情報通信白書, p. 421 (2020).
- 2) 令和3年度ローカル5G開発実証報告書, p173 (2021)
- 3) G. A. Goff, Y. Matsumiya, T. Allison and W. R. Goff: "The scalp topography of human somatosensory and auditory evoked potentials," *Electroen. Clin. Neurophys.*, 42 (1977) 57—76.

## 資料

## ローカル 5G を用いた走行ロボットの制御

浦元 明 清家 翼 大野栄一\*

## Control of automatic driving robot using local 5G

URAMOTO Akira, SEIKE Tsubasa and Ohno Eiich

ロボットの遠隔制御において、ロボットのカメラ画像データや位置データ、走行データなどを遠隔制御用 PC に遅滞なく正確に送信する事が重要である。

本研究では、ロボットと遠隔制御用 PC 間の通信にローカル 5G を用いた。ロボットからのカメラ画像を遠隔制御用 PC で確認しながら走行制御データをロボットに送信することで、ロボットをほぼ正確に制御できることを証明した。また、ロボットに装着した Global Navigation Satellite System (GNSS) モジュールから位置座標を取得することができた。

キーワード：ローカル 5G、ロボット、自動走行、遠隔制御

## はじめに

ローカル 5G は「大容量」、「超高速」、「多数同時接続」、「低遅延・高信頼」といった特長を有しており、地域や産業の個別ニーズに応じて、地域の企業や自治体等の様々な主体が、自らの建物内や敷地内でスポット的に柔軟に構築できる 5G システムである<sup>1)</sup>。一方で、ロボットの自動走行に関しては、遠隔からの制御が可能であること、画像通信と制御を同時に行うための大容量通信が求められている。

本研究では、遠隔からの制御と高速大容量通信が可能であるローカル 5G を用いて、ロボットの遠隔からの制御試験を実施した。

## 実験環境

## 1. 通信環境

本研究では、(株)愛媛 CATV が愛媛県産業技術研究所内に整備した sub6 帯を利用した基地局をローカル 5G の環境として使用した。(株)愛媛 CATV に設置されているフォックスコン・ジャパン製 5th Generation Core network (5GC) F5G-J005002-00 を利用したローカル 5G 環境は、(株)愛媛 CATV に設置された 5GC を基に、地域でのローカルネットワーク (以下閉域網) が構築され、図 1 のようにアンテナを介しての折り返し通信を行う事が可能である。

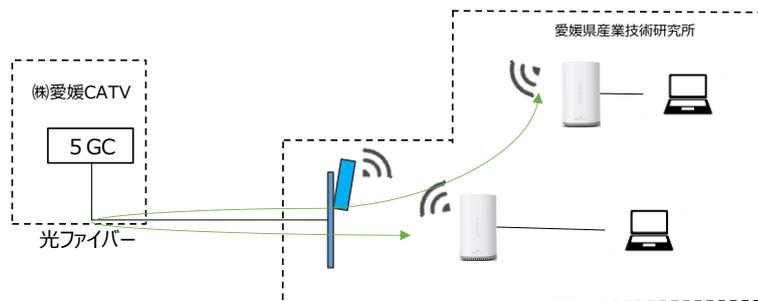


図1 ローカル 5G のネットワーク

ローカル 5G の無線通信には、Sub6 の電波を使用した。受信側ルーターには FOXCONN 社製 T99W288 を使

\*株式会社ディースピリット

この研究は、「5G 活用イノベーション創出事業」の予算で実施した。

用し、その仕様を表1に示す。ルーターと端末、ロボットとの接続は Wi-Fi5(11n)通信を利用した。

表1 T99W288 の概要

Wi-Fi 接続可能端末数	16
外部接続インターフェイス	Ether× 2 2.4GHz 802.11b/g/n/ax 5GHz 802.11a/n/ac/ax

## 2. ロボットの構成

ロボットは、表2に示す仕様の ROBOTIS 製 TURTLEBOT3 Waffle Pi を用いて試験を行った(写真1)。ロボットには映像伝送用のカメラとして、intel 製 RealsenseD435 を設置している。また、Light Detection And Ranging (Lidar) を装備し、Lidar を用いた地図作成とナビゲーションができる仕様となっている。Single Board Computer (SBC) は Raspberry Pi3+又は jetson nano を利用した。

表2 TURTLEBOT3 Waffle Pi の主な仕様

土台形状	281mm x 306mm x 141mm
レーザー距離センサー	Lithium polymer 11.1V 1800mAh / 19.98Wh 5C
カメラ	RealsenseD435
メインコントローラーボード	OpenCR1.0
マイクロコントローラーユニット	32-bit ARM Cortex®-M7 with FPU (216 MHz, 462 DMIPS)
駆動用モーター (2 輪)	DYNAMIXEL (XM430-W210-T)× 2 for Wheels



写真1 ロボット (TURTLEBOT3)

## 実験方法

### 1. Wi-Fi 環境での自動走行

ルーター下における Wi-Fi 通信(図3)を利用し、自動走行試験を行った。

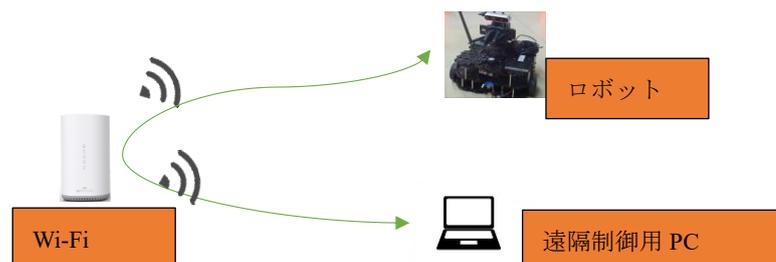


図3 LAN 内での Wi-Fi 通信

LAN 内でのナビゲーションは、Rviz を用いて実施した。遠隔操作側 PC で ROS master を起動した後、ssh 通信を用いて client であるロボットでの ROS の立上げなどの操作を行った。遠隔操作側 PC からのナビゲーションを実施し、Lidar を用いた Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) により地図作成と自己位置推定を同時実施した。

## 2. ローカル 5G の利用

ローカル 5G 通信を用いての遠隔操作を試みた。

図 1 のネットワークで動かすため、ルーターで DeMilitarized Zone の設定を行い、ROS での通信を行った。遠隔操作を行うにあたり、映像データの受け渡しを MJPG-Streamer を用いて、ロボットに装着された RealsenseD435 からの映像を http で通信を行うことで確認した。

また、閉域網は現在愛媛県松山市を中心として構築されており、閉域網を利用した遠隔通信が地域内で可能である。アンテナを介して閉域網内の遠隔地への通信が可能であることから、図 2 のイメージのとおり、松山市内で制御を行い、隣の東温市でロボットを実際に動かすといった遠隔操作が可能となる。

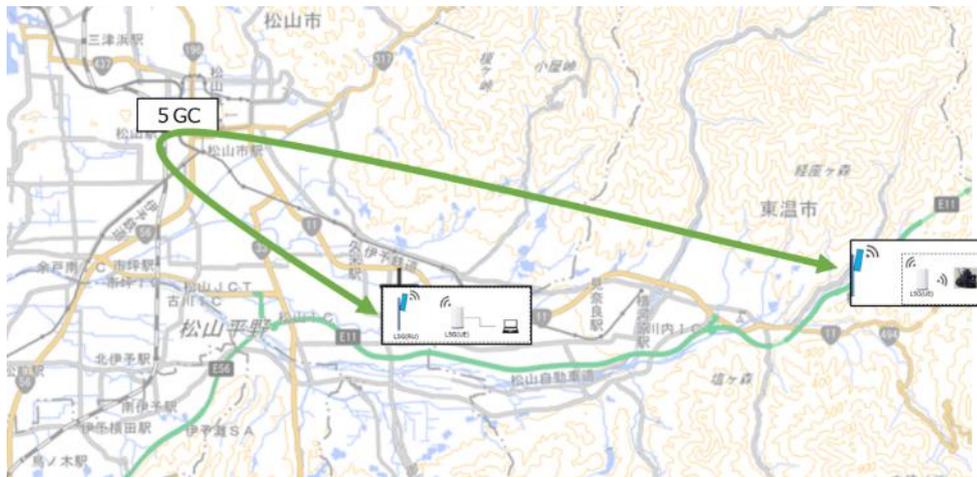


図 2 ローカル 5G 閉域網を利用したロボット遠隔操作イメージ

## 3. 位置情報の取得

ロボットに u-blox 製 GNSS モジュール ZED\_F9P を使用し、測位用ソフトウェアは RTKLIB を用いて位置情報の取得を行った。

# 結果と考察

## 1. Wi-Fi 環境での自動走行

Wi-Fi のネットワークを利用したロボット制御を行った。移動経路の可視化に用いた Rviz の画面を写真 2 に示す。

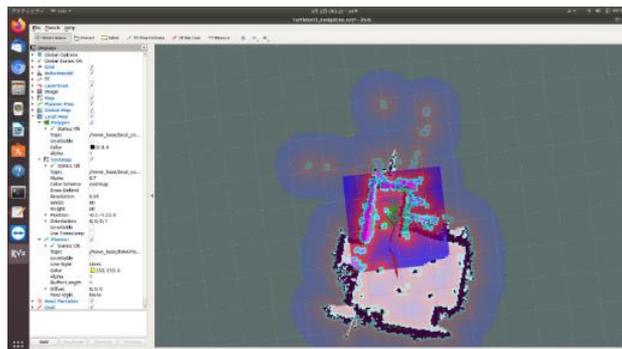


写真 2 Wi-Fi を利用したナビゲーション

ランダムに設置した赤いコーンの障害物を避けて通過する先に目的地を設定してナビゲーションを実施した。SLAM での地図作成と自己位置推定を行いながら、設定した目的地へたどり着くことができた。(写真3)

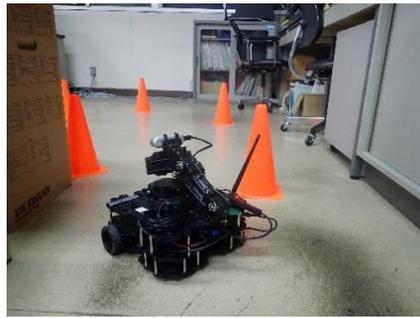


写真3 障害物を避けて進む様子

障害物を避けてゴールへたどり着く事はできたが、コーンの回避に数回前進後進を繰り返すなど、不安定な走行となったため、地図作成と自己位置推定及び移動量の推定等での改善が必要であった。

## 2. ローカル5Gの利用

MJPEG-Streamer を用いた映像通信では、ロボットに接続したカメラからの映像データを遠隔制御側 PC で確認することができた。(写真4)

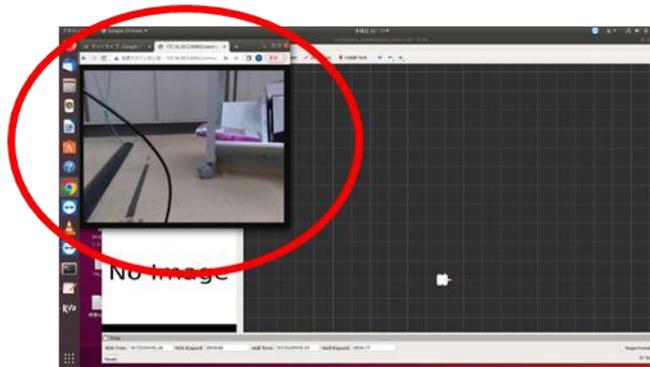


写真4 MJPG-Streamer での映像データの受信

また、ロボットの動作について、キー操作でのオペレーションがローカル5Gを介して正常に稼働させることができなかつたため、`geometry_msgs/Twist` 型のトピック通信を行うことでロボット制御を行った。トピック通信では、ローカル5G通信を用いた遠隔制御側 PC からの操作のとおり正常にロボットを制御することが可能であった。

## 3. 位置情報の取得

GNSS による測位データをロボットに載せた GNSS モジュールで測位し、測位データを遠隔制御側 PC で取得した。(写真5)



写真5 ロボットに載せた GNSS モジュール

GNSS からのデータを `/ublox_gps_node` から `/fix` へ `publish` し、`/navsat_transform` が `subscribe` していることが確認できた。今回の研究では GNSS から位置データを取得することができた。今後は、このデータを用いて

ロボットのナビゲーションを行っていく予定である。

## ま と め

ローカル 5G を用いた走行ロボットの制御に取り組んだ結果以下の成果を得た。

1. Wi-Fi 通信を用いた LAN 内でのロボットナビゲーションを行うことができた。
2. ローカル 5G 通信を用いて遠隔からロボットのカメラによる映像通信ができた。
3. ローカル 5G 通信を用いて遠隔からロボットを動かすことができた。
4. ローカル 5G 通信を用いて遠隔の PC からロボットに取り付けた GNSS からの位置情報を取得することができた。

## 文 献

- 1) 令和 2 年版 情報通信白書, p. 421 (2020).

# ウェーブレット解析を活用した 音や振動データの見える化機器開発

竹田真之介 清家 翼

## Development of a Visualization Device for Sound and Vibration Data using Wavelet Analysis

TAKEDA Shinnosuke and SEIKE Tsubasa

中小製造業においては、設備の故障検知を目的とした小型・安価な音響解析装置が求められているが、需要を満たすような装置は少ない。そこで本研究では、ウェーブレット解析を用いた音響解析機器（音や振動データの見える化機器）の開発を目指す。本年度は、シングルボードコンピュータへ組み込みできるようプログラムの改良を行い、バッテリー駆動式の解析機器の製作手法を確立した。

キーワード：ウェーブレット解析、産業 DX、IoT

### はじめに

工場設備等の故障は、製造業における生産工程に及ぼす影響が大きいため、故障につながる設備の経年劣化を簡易的に診断する手法が求められている。音や振動には、製品の品質管理や設備保全に役立つ様々な情報が含まれているが、作業者が適切に音を聴き分けることは難しく、また FFT 等の解析機器結果の解釈も難しいため、音や振動データは十分に活用されていないのが現状である。

このような現状の元、計測機器メーカーやソフトウェアベンダが様々な解析装置や AI を組み込んだサービスを提供しているが、最新の AI やクラウドサービス等を組み込んだ商品となっているため高価な使用料が定期的に必要であり、小規模な県内企業の需要には適さない場合が多い。また、セキュリティの観点からも、社内の情報を外部に出さずに処理できる装置が求められている。

そこで、本研究は、音や振動データの変化を画像に変換して表示（見える化）できるウェーブレット解析プログラムを作成し、小型・安価なマイコンボードに組み込むことで、県内の様々な企業の現場で活用できる音や振動の見える化機器を開発することを目標とする。

### 実験方法

#### 1. プログラムの構成

音声ファイルを読み込んで、ウェーブレット解析を行い画像に変換する PC 用のプログラムを Python で作成した。数学計算に NumPy、音声ファイルの入力に PySoundFile、グラフ可視化に PyQtGraph を使用した。マザーウェーブレットとしてモルレーウェーブレットを採用し、周波数ごとに分解能が異なるウェーブレット解析の特性を生かすため、解析対象となる周波数をあらかじめ対数軸に合わせて準備してから順次畳み込み演算を行った。本報では 1～20000 Hz の範囲の周波数を 200 分割して解析を行っている。

#### 2. 機器の構成

上記プログラムの構成図を図 1 に示す。このプログラムを用いて、音や振動データの見える化機器を製作するため、以下のような変更を行った。

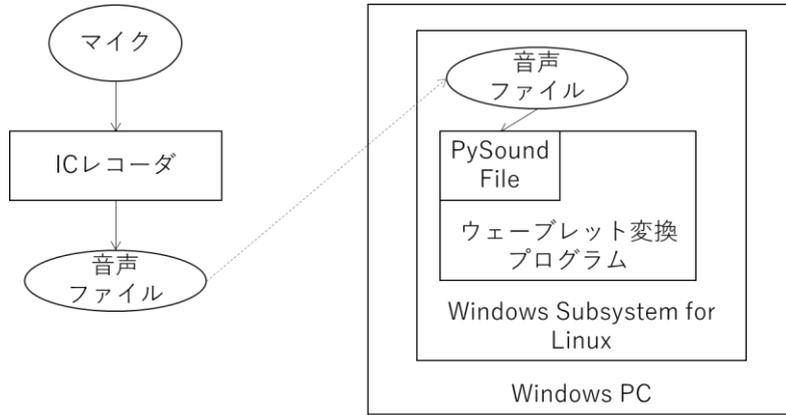


図1 ICレコーダとWindows PCを用いた、音声ファイル解析プログラム構成図

図1の構成では、録音と解析を、それぞれ独立した2つの機器（ICレコーダ・Windows PC）が担っている。本研究で目標とする、小型・安価な可搬式機器を製作するには、同一機器上で録音と変換を行えることが望ましい。そこで、まずはUSBマイク（サンワサプライ USB マイクロホン MM-MCU02BK，周波数特性 70~15,000Hz）を用いて、Windows PC 単独で録音・解析を行うプログラムを作成した。構成図を図2に示す。ウェーブレット解析プログラムは、Linux 上で動作することを想定し、仮想環境である Windows Subsystem for Linux 上で実行した。

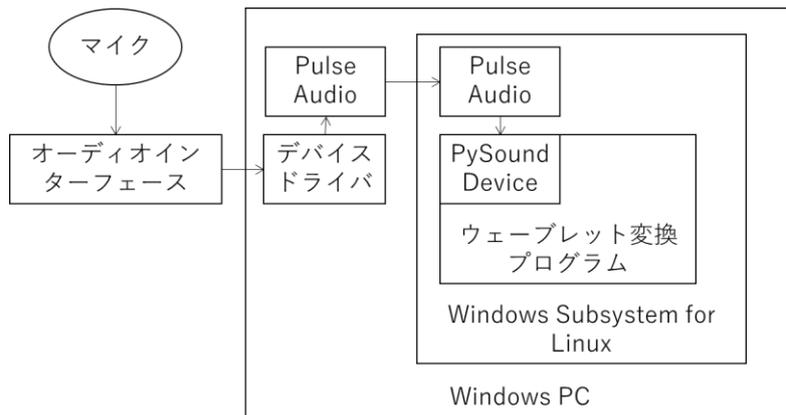


図2 Windows PC を用いた、音声収録・解析プログラム構成図

### 結果と考察

最終的に以下のような構成で機器を製作した。プログラムを実行するコンピュータとして Raspberry Pi 4 model B を採用した。Raspberry Pi の OS は Linux であるため、適切なライブラリを導入することで、Windows Subsystem for Linux 上で動作するプログラムをそのまま動かすことができる。プログラム構成図を図3に示す。

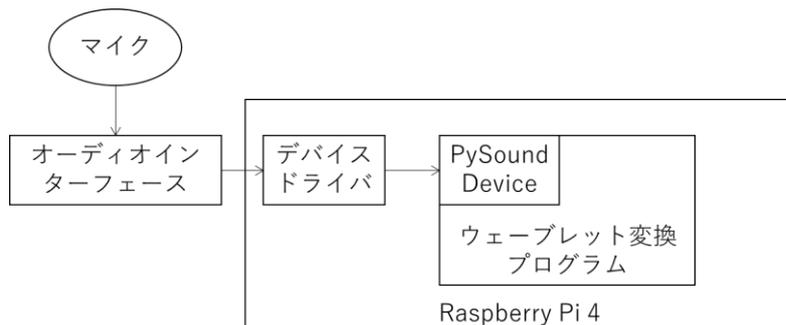


図3 Raspberry Pi を用いた、音声収録・解析プログラム構成図

Raspberry Pi はシングルボードコンピュータであり、単体では入出力装置を持たない。そこで、静電容量式タッチ機能を搭載した7型ディスプレイを表示機器として追加した。また、音声入力装置として、オーディオインターフェース内蔵のPC用USBマイクを採用した。

これらの機器を、携帯電話向けモバイルバッテリーを用いて駆動させることで、工場等の現場でも使用できる可搬式の“音や振動の見える化機器”を実現した。打撃音を收音・解析した様子を図7に示す。

以上のような構成で、小型・安価の可搬式見える化機器を開発することができた。



図4 Raspberry Pi を用いた音や振動の見える化機器

## ま と め

中小製造業の設備保全・品質管理等に活用できる音や振動データの見える化機器の開発について、以下の成果を得た。

1. Linux 上で動作する、オーディオインターフェースから取得した音声ウェーブレット解析するプログラムを作成した。
2. 安価なシングルボードコンピュータである Raspberry Pi 4 とその周辺機器を用いることで、小型・安価の可搬式見える化機器を開発することができた。

# 親芋の有効活用に資する製品の開発（第1報）

## —愛媛農試V2号の品質調査—

金本直晃\* 渡部将也 西村理子 永田洋子 開 俊夫

Development of products that contribute to the effective use of taro mother corms (Part1)

KANAMOTO Naoaki, WATANABE Masaya, NISHIMURA Satoko, NAGATA Yoko and HIRAKI Toshio

サトイモは、株元の親芋、そこから生育する子芋、孫芋に形態識別されるが、1 t/10aを超えて生産される親芋は圃場廃棄されている。親芋の利用は以前から検討されていたが、集荷システムがないことから限定的な活用に留まっている。今般、広域選果場の整備により親芋集荷に道筋がついたことから、親芋の有効利用のために加工適性を調査した結果、親芋は子芋や孫芋より、ポリフェノールを多く含むことや、親芋粉末の食物繊維は小麦粉の約6倍含まれること分かった。また、利用の課題となっている親芋の軟化には剥皮後の冷凍が、親芋の色調の改善にはビタミンCの添加が有効であることが示された。

キーワード：サトイモ、愛媛農試V2号、親芋

### はじめに

愛媛県のサトイモ生産量は9,590t（2022年）<sup>1)</sup>であり、全国4位に位置し、右肩上がりに伸びている主要品目である。サトイモは、主に県東部で産地化されていたが、平成20年に品種登録された「愛媛農試V2号」（商標：伊予美人）を主品種として、その良好な食味が市場に評価され高い収益が見込めることから県下全域へと産地が拡大している。これまでに女早生の親芋に関する研究<sup>2)</sup>や愛媛農試V2号の子芋、孫芋の加工研究<sup>3)</sup>はされてきたが、愛媛農試V2号の親芋の加工に関する研究例はまだない。

そこで、本研究では廃棄されている親芋を有効利用するため、一次加工方法について検討したので報告する。

### 実験方法

#### 1. 試料

愛媛県農林水産研究所（松山市上難波甲311）の圃場で栽培・収穫した親芋（愛媛農試V2号）を用いた。粉末試料は、(株)中温にて試作したものをを用いた。

#### 2. 親芋の成分分析

##### (1)一般成分

一般成分は、常法に従って行った。

##### (2)カリウム

カリウムは、試料約5gを1%塩酸で抽出定容し、原子吸光分光光度計（(株)日立製作所製、Z-2310）により測定した。

##### (3)総ポリフェノール

総ポリフェノールは、Folin-denis法により分析した。試料1gを50mlの熱水で加熱還流抽出し定容後、760nmの吸光度を測定した。試料中のポリフェノール量は、カテキン換算で表した。

\*（現）愛媛県庁農林水産部農産園芸課

この研究は、「令和3年～サトイモ大規模省力生産技術開発事業」の予算で実施した。

愛媛県産業技術研究所業績第15号

## (4)食物繊維

食物繊維は、Sigma社製の食物繊維測定キットを用いて、プロスキー変法にて行った。

## (5)遊離アミノ酸

遊離アミノ酸分析試料は、2.5 g 分取し、80%エタノールを 35 ml を加えて、5 分間超音波処理した。50℃の恒温槽で 1 時間保持し、放冷後、50ml に定容し、ろ過 (No. 5 B) してろ液を回収した。5 ml を分取してエバポレーターで濃縮し、pH2.2 クエン酸リチウムバッファで 10 ml に定容したものを 0.20 μm フィルターでろ過し、高速アミノ酸分析計 (日立ハイテクノロジー製: L-8900 形) で測定した。

## (6)パックスド・ボリウム

逢阪ら<sup>4)</sup>の方法により行った。粉末の吸水性は、50ml の目盛り付き共栓遠心沈殿管に、試料 5 g を量りとり、蒸留水 40ml を加えてよく混合した後、1 時間静置した。これを遠心分離機で、1,000rpm、5 分間遠心分離して、試料粉の容積を読み取った。

## 3. 軟化試験

親芋の中心部を 3 cm 角に切り出し、沸騰水中でボイルし硬度を測定した。硬度測定は、ハンディー硬度計 (SEIKOHSYA 製 SF-1010) により、直径 5 mm 円柱プランジャーを用い、中央部に突き刺して測定した。

## 4. ペースト加工試験

冷凍保存していた親芋を剥皮し、5 cm 角に切り出し、5 倍量の沸騰水で 30 分間ボイルし、ミキサーでペースト化した。沸騰水にはアスコルビン酸をそれぞれ 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5% 添加し、ペーストの色彩を分光測色計 (コニカミノルタ社製 CM-5) で測定した。

## 結果と考察

## 1. 親芋の成分

親芋の栄養成分分析結果を表 1 に示す。

親芋の炭水化物は夏季から冬季にかけて減少し、水分が増加していた。その他の一般成分に大きな変化が確認されなかった。カリウム含量は、既報<sup>5)</sup>によると親芋で 356~472 mg/100g、子芋で 423~576 mg/100g、孫芋で 500~627 mg/100g であったが、いずれも今回の数値はそれを下回った。栄養機能食品として表示が可能な基準値 280 mg/100g を下回っており、今後産地、年度の間差を調査していく必要がある。また親芋は子芋、孫芋より、ポリフェノールを多く含むことが分かった。親芋粉末の食物繊維量は 14.9 g/100g で、小麦粉<sup>6)</sup>の約 6 倍含まれることが分かった。

表 1 親芋の栄養成分

	親芋 (冬季)	親芋 (夏季)	子芋	孫芋	親芋粉末
エネルギー (kcal/100g)	71	89	81	90	367
水分 (g/100g)	81.0	77.3	78.4	76.4	3.7
たんぱく質 (g/100g)	1.5	1.5	1.8	1.8	9.7
脂質 (g/100g)	0.3	0.4	0.3	0.3	1.1
炭水化物 (g/100g)	16.0	20.3	18.2	20.5	82.0
灰分 (g/100g)	1.1	0.6	1.3	1.1	3.5
ナトリウム (mg/100g)	0.2	0.3	1.5	0.7	3.5
カリウム (mg/100g)	291	212	385	313	—
総ポリフェノール (mg/100g)	—	114	86	92	—
食物繊維量 (g/100g)	—	—	—	—	14.9

親芋の遊離アミノ酸分析結果を表 2 に、親芋粉末吸水特性を表 3 に示す。

親芋の遊離アミノ酸の総量は、子芋や孫芋に比べ1割程度多いことが分かった。また、親芋粉末のパックド・ポリウムは米粉や小麦粉に比べ2倍以上高い数値であり、水中で自重の4.2倍に膨潤する特性が分かった。

表2 親芋の遊離アミノ酸含量

	親芋	子芋	孫芋
Ile	9.8	5.4	7.6
Leu	12.2	7.6	8.1
Lys	4.2	3.3	4.2
Met	2.2	1.1	2.8
Cys	1.1	1.0	1.0
Phe	18.5	13.2	14.0
Tyr	21.7	13.1	19.3
Thr	8.2	5.0	8.7
Val	10.7	9.2	12.4
His	3.7	2.7	4.8
Arg	27.1	17.1	17.5
Ala	4.8	4.7	1.7
Asp	27.8	30.5	21.4
Glu	9.6	9.4	3.4
Gly	1.2	2.1	1.6
Pro	2.2	1.5	1.2
Ser	19.8	24.8	26.6
GABA	6.0	15.0	12.3
合計	190.8	166.7	168.6

(mg/100g)

表3 親芋粉末の吸水特性

パックド・ポリウム (mL/g)	
親芋粉末	4.2
米粉	1.8
強力粉	1.9
薄力粉	1.6

2. 軟化試験

加熱による軟化試験の結果を図1に示す。

生の親芋は30分加熱しても490gの硬度を示し、子芋の138g、孫芋の100gより高かった。しかし、そのまま冷凍した親芋は30分の加熱で390gまで下がり、冷凍前に剥皮しておくことで74gまで軟化した。この結果から一度剥皮し冷凍することで十分に軟化させて加工利用できることが分かった。

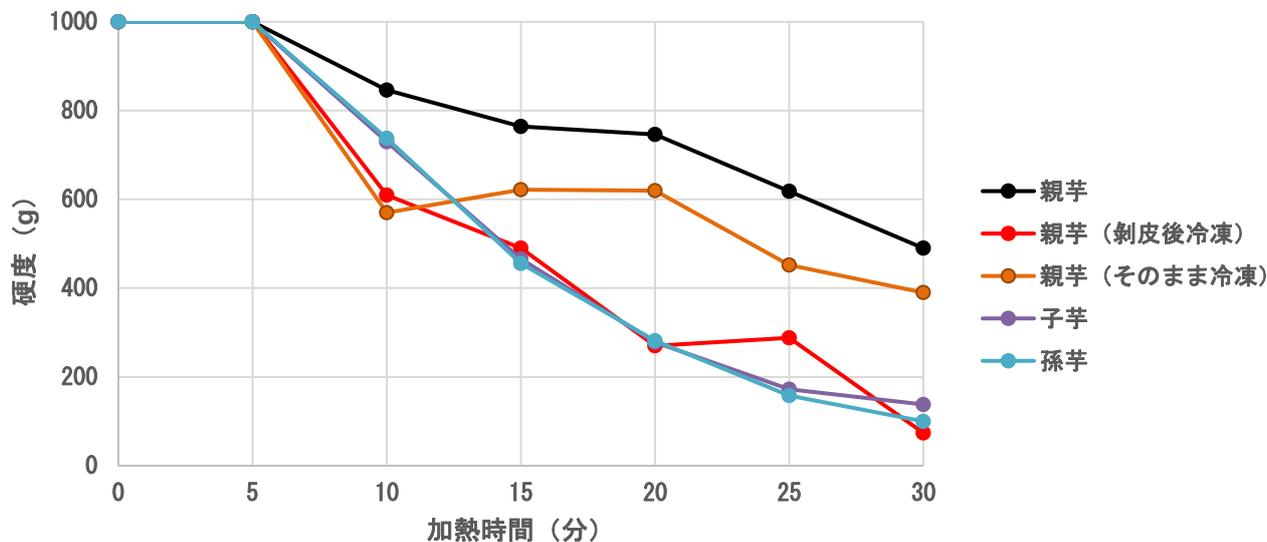


図1 サトイモの加熱による軟化

### 3. ペースト加工

ペースト加工後の品質評価を表4、外観の写真を図2に示す。

今回の条件で加工した親芋ペーストは、おおよそ Brix5.5 前後で、水分 80～82%であった。VC の添加量に比例して、明度を示す L 値と黄色を示す b 値が増加し、ボイル時の水に VC を添加することで色調の改善効果が認められた。

表4 VC 添加試験における親芋ペーストの品質評価

VC 添加量 (%)	Brix	pH	水分 (%)	色調		
				L	a	b
0	5.6	6.11	81.1	63.6	0.4	-1.2
0.1	5.4	5.73	81.1	72.5	-1.0	3.9
0.2	5.5	5.34	80.0	74.9	-1.3	6.9
0.3	4.9	5.08	81.0	76.8	-1.6	9.2
0.4	5.7	4.77	80.5	77.9	-1.5	9.7
0.5	5.7	4.66	81.9	78.1	-1.5	10.1

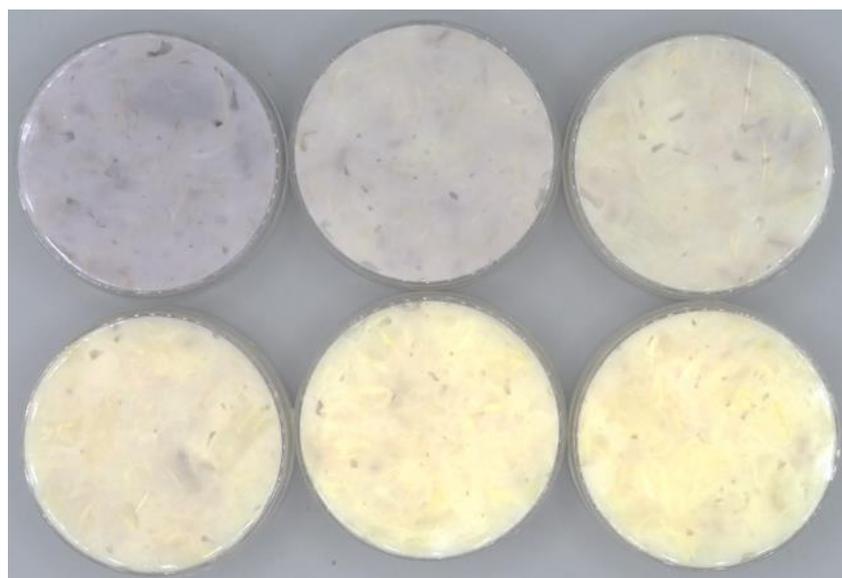


図2 VC 添加試験における親芋ペーストの色調の変化  
(写真上部左から VC 無添加、0.1%、0.2%、下部左から 0.3%、0.4%、0.5%)

## ま と め

親芋の有効活用に向け、成分分析および一次加工の評価を行い、以下の結果が得られた。

1. 親芋の炭水化物は夏季から冬季にかけて減少し、水分が増加していた。
2. 親芋は子芋・孫芋に対してポリフェノールを多く含み、親芋粉は小麦粉の6倍程度の食物繊維を有していることが分かった。
3. 親芋を剥皮して冷凍することでボイル時に子芋・孫芋と同等の軟化をさせることができた。
4. 親芋をボイルする際 VC 添加をすることで色調を良好に保つことができた。

## 文 献

- 1) 農林水産省：令和 3 年産野菜生産出荷統計(令和 4 年 12 月 20 日公表)(2022)。
- 2) 松本恭郎, 上岡康達, 別所康守：地域特産イモ類の利用加工技術の確立研究(1988)。
- 3) 竹田秀敏：サトイモの多面的利用に関する研究(2008)。
- 4) 逢阪江理, 田中八壽子, 武士末純夫, 開俊夫, 西村理子, 玉井敬久：大麦(はだか麦)粉の特性と大麦パンの開発(2015)。
- 5) 石々川英樹：栄養機能食品表示に向けたサトイモのカリウム含量に関する研究(2019)。
- 6) 文部科学省：日本食品標準成分表 2020 年版(2020)。

## AR 技術を用いたタオル織機操作支援システムの開発

武田直樹\*<sup>1</sup> 結田清文

Development of Handling support system for manufacturing Towels with AR technology

TAKEDA Naoki and YUITA Kiyofumi

タオル製造中に製織不良と判定された場合に、適切な操作を迅速に行う必要があるものの、適切な対処方法の習得には熟練者レベルのノウハウが必要であり、熟練者の技術伝承が課題になっている。そこで、タオル織機毎に基本的な操作方法と製織不良時における適切な対処方法を AR 装置によって可視化し、織機前面に配置した QR コードを AR グラスで読み取ることにより、タオルの製織に係る一連の操作支援情報を容易に取得できるシステムを開発することで、タオル織機の操作者が織機から視線を移動することなく現実世界の織機を操作しながらマニュアルや熟練者の操作例動画など視覚情報を確認でき、作業効率の向上が可能となった。

キーワード：AR グラス、AR コンテンツ、QR コード、タオル織機、操作支援

## はじめに

今治タオル産地では、タオル製造中に製織不良と判定された場合に、織機毎に異なる適切な操作を迅速に行う必要がある。しかし、適切な対処方法の習得には熟練者レベルのノウハウが必要であり、熟練者の技術伝承が課題になっている。

そこで、本研究では、AR 技術を活用してタオル織機毎に異なる適切な操作を未習熟の作業者に情報提供するシステムを開発することで生産効率向上と技術伝承を実現し、タオル生産現場の産業 DX の推進を目指す。具体的には、タオル織機における基本的な操作方法や製織不良時における適切な対処方法の AR コンテンツ化及び、それらを活用するための AR 技術を活用したタオル織機操作支援システムの開発を行ったので報告する。

## 実験方法

## 1. タオル織機における基本的な操作方法の AR コンテンツ化

製織機構の異なる織機（レピア織機（G6200）、プロジェクトイル織機（P7100））について、初期設定など基本的な操作方法について AR コンテンツを作成した。基本的な操作設定等の内容は同様であるため、本報告書ではレピア織機 G6200 の例（表 1 の左）についてのみ報告する。

## 2. 製織不良時における適切な対処方法の AR コンテンツ化

レピア織機 G6200 において、製織不良時における適切な対処方法（表 1 の右）について AR コンテンツを作成した。

表 1 AR コンテンツ化した基本的な操作方法及び適切な対処方法

織機	基本的な操作方法	適切な対処方法
G6200	<ul style="list-style-type: none"> <li>・織機の起動と停止</li> <li>・パイル長の設定方法</li> <li>・よこ糸密度の設定方法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パイルたて糸張力の調整方法</li> <li>・製織不良（パイル抜け）に伴うパイル長の調整方法</li> <li>・シグナルランプへの対応</li> <li>・糸切れへの対応</li> </ul>

\* 1 現企画管理部

この研究は、(公財)えひめ産業振興財団公設試発起業化シーズ育成支援事業「AR 技術を用いたタオル織機操作支援システムの開発」の予算で実施した。

### 3. AR 技術を活用したタオル織機操作支援システムの開発

タオル織機の操作支援情報に係る AR コンテンツはタオル織機の稼働状況を蓄積する織機データ配信サーバから送信することとし、操作者の受信デバイスとして AR グラス（EPSON 製 MOVERIO BT-40S）を使用した。織機操作者は AR グラスに付属するコントローラで AR マーカー（QR コード）を読み取ることにより、操作支援情報を取得することとした。システム構成図を図 1 に、AR グラスを写真 1 に、主な仕様を表 2 にそれぞれ示す。



図 1 AR 技術を用いたタオル織機操作支援システム構成図

写真 1 AR グラス

表 2 AR グラスの主な仕様

システム構成機器	主な仕様
AR グラス Epson 製 MOVERIO BT-40S	<b>【ヘッドセット部】</b> 仮想画面サイズ 120 型相当（仮想視聴距離 5m 時） 画角 約 34 度（対角） 表示 1920 × 1080 ピクセル（1080p(60Hz)） 3D 動画（サイドバイサイド方式）対応
	<b>【コントローラ部】</b> OS Android9 無線規格 IEEE802.11 a/b/g/n/ac 動画 MPEG-4、MPEG-2 他 静止画 JPEG、PNG 他 QR コード 読取り可

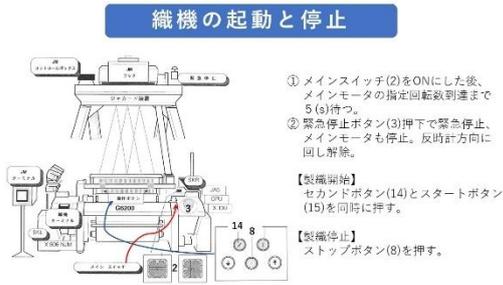
### 4. 実証試験

まず、タオル織機毎の初期設定等の基本的な操作に係る支援情報を AR グラスで取得する際の操作性について検証した。次に、タオル織機の稼働情報（パイル不足等）の取得やシグナルランプによる警報発報から適切な対処方法の取得までのタオル製織に係る一連の流れにおける操作性について検証した。また、AR コンテンツの形式（静止画、動画等）毎の利用シーンについて検討した。

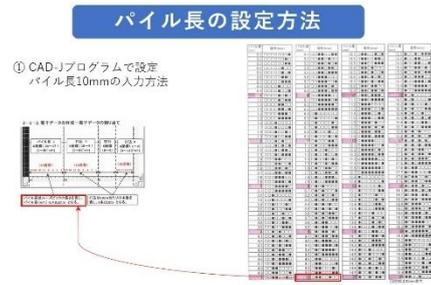
## 結果と考察

#### 1. タオル織機における基本的な操作方法の AR コンテンツ化

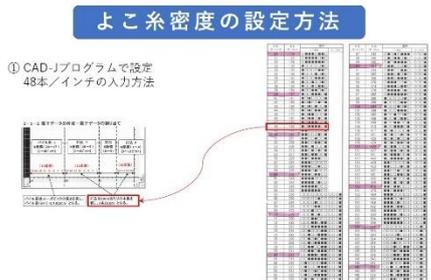
レピア織機 G6200 の初期設定など基本的な操作方法（表 1）を AR グラスの表示仕様に合わせてコンテンツ化を行ったので、図 2 に示す。また、複雑な操作を伴う項目は動画コンテンツを作成し、より実体的に対象を捉えるようにした。



織機の起動と停止



パイル長の設定方法



よこ糸密度の設定方法

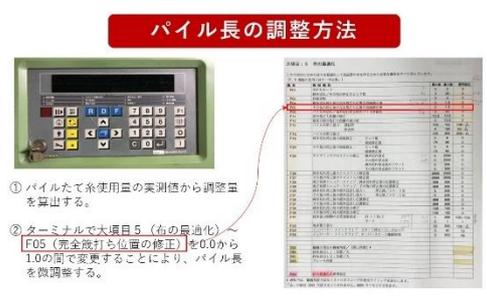
図2 初期設定など基本的な操作方法のARコンテンツ

2. 製織不良時における適切な対処方法のARコンテンツ化

レピア織機 G6200 の製織不良時における適切な対処方法 (表1) を AR グラスの表示仕様に合わせてコンテンツ化したので、図3に示す。また、複雑な操作を伴う項目は動画コンテンツを作成した。



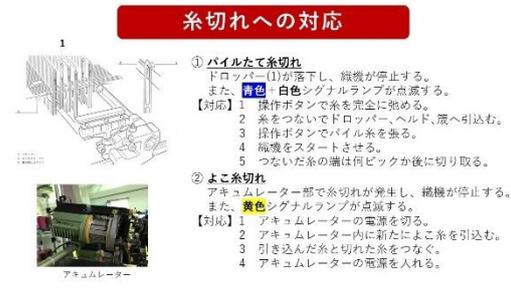
パイルたて糸張力の調整方法 (動画含む)



パイル長の調整方法 (動画含む)



シグナルランプへの対応



糸切れへの対応 (動画含む)

図3 製織不良時における適切な対処方法のARコンテンツ

3. AR技術を活用したタオル織機操作支援システムの開発

(1) ARマーカーの作成及び織機への配置

織機データ配信サーバから送信するタオル織機の稼働状況のほか、操作支援情報等のARコンテンツを、操作者が装着するARグラスで取得するためのARマーカーを操作支援内容に即した図柄入りのQRコードで作

成したので、表 3 に示す。また、QR コードは織機操作者の基本的な立ち位置である織機前面の中央付近からの読取可能距離を考慮し、主に織機前面パネル上に配置したので、写真 2 に示す。

表 3 織機に配置する QR コード

織機	支援内容	QR コード
G6200	織機の稼働情報	
	3. (1) 基本的な操作方法	  
	3. (2) 適切な対処方法	   

※ QR コードが赤色または青色の項目は動画、緑色の項目は 3D 動画コンテンツを含む。



G6200

QR コード

写真 2 AR マーカーの織機への配置状況と AR コンテンツの表示位置

(2) AR 技術を活用したタオル織機操作支援システムにおける操作支援情報取得の流れ

本システムにおける操作支援情報取得の流れを図 4 に示す。事例 1 は、織機データ配信サーバから送信されるタオルの製織状況を AR グラスで受信し、その内容（パイル長不足）を基に対処方法の QR コードを読み取ることでパイル長の調整方法を確認する。更に具体的な織機の調整方法が必要な際はコントローラ画面をタップして動画コンテンツを閲覧しながらパイル長の調整を実施可能とした。事例 2 は、シグナルランプで発報された警報の内容を QR コードによる取得情報を基によこ糸切れであることを把握し、事例 1 と同様の流れでよこ糸切れに対する適切な対処方法の取得を可能とした。



図4 システムにおける操作支援情報取得の流れ

#### 4. 実証試験

まず、タオル織機毎の基本的な操作方法を AR グラスで取得する際の操作性について検証した結果、コントローラ付属カメラの映像を AR グラスのみで表示するタッチパッドモードで運用することにより、織機からコントローラに視線を移動することなく対象 QR コードを読み取り、スムーズに現実世界の織機に操作支援を目的とした視覚情報を付加できることを確認した。

次に、タオル製織に係る一連の流れに沿って実証試験をした結果、図4に示した事例1及び事例2ともに QR コード読取りによる製織不良情報（パイル長不足やよこ糸切れ）及び適切な対処方法（パイル長調整方法やよこ糸切れ対策の静止画）の取得から、画像のタップ操作による詳細な対処方法（動画）の取得までスムーズに操作できたほか、事例1から事例2への遷移も画面に視線を移すことなくスムーズにつなげることができ、作業効率が向上できることを確認した。

### ま と め

タオル製織時における織機の操作方法や製織不良時の対策について、AR 技術を用いた作業支援システムについて検討し、以下の結果を得た。

1. タオル織機における基本的な操作方法や製織不良時における適切な対処方法について、静止画・動画の形式で AR コンテンツ化した。ギヤの交換方法等においては、3D 動画コンテンツで操作手順や方法についての理解を深めることが有効であることが分かった。
2. AR グラスの操作性については、タオル織機の操作者が織機からコントローラに視線を移動することなく対象 QR コードを読み取り、スムーズに現実世界の織機に操作支援を目的とした視覚情報を付加できることが分かった。
3. タオル製織における一連の流れに沿って実証試験をした結果、QR コード読取りによる製織不良情報及び適切な対処方法の取得から、画像のタップ操作による詳細な対処方法（動画）の取得まで、スムーズに操作でき、作業効率の向上が検証できた。

# タオル製品販売支援システムの開発

武田直樹\*<sup>1</sup> 小平琢磨 田中克典

Development of Towel product sales support system

TAKEDA Naoki, KOHIRA Takuma and TANAKA Katsunori

消費者が自分の好みの触り心地（風合い）の数値を選んでタオル製品を検索するシステムを開発した。風合いに係る柔らかさ、肌ざわり、厚さの3項目のほか、メーカー名、品種、品名、写真、価格等の12項目からなる風合いデータベースを構築した。この風合いデータベースの評価点と消費者が好みの度合いで選択する消費者点の差（絶対値）の3指標分の和が小さい適合率の高いタオル製品順におすすめ順の検索結果を表示し、検索ログを保存するタオル製品販売支援システムを開発した結果、消費者点に基づくおすすめ順については、好みだけでなく価格も考慮に入れた検索結果を得ることができた。検索ログについては、期間、風合いに係る3指標の消費者点、品種、並び順で検索ログの蓄積データを加工し解析することが可能となり、消費者趣向の分析に有用であることが分かった。

キーワード：タオル、風合い、Web データベース、EC サイト

## はじめに

インターネットを活用したタオル製品の販売において、消費者は商品間で触り心地が比較できないのが現状である。そこで、消費者が自分好みの触り心地のタオルをネット上で簡単に検索できるよう、触り心地（風合い）が数値化されたタオルのデータベースを基に、消費者が望む風合い指標での検索を可能としたタオル製品販売支援システムを研究開発したので報告する。

## 実験方法

### 1. タオル製品販売支援システムの開発

タオル製品販売支援システムの開発は、風合い評価システム等の測定値からの導出を目指しているタオル製品毎の触り心地（風合い）に係る数値を格納しデータベース化する「風合いデータベースの開発」、風合いデータベースを基に Web で一般消費者が自分の好みの触り心地（風合い）の数値を選んで商品検索する「タオル製品 Web 検索システムの開発」及びタオル製品 Web 検索システムを動作させるための「サーバの構築」で構成することとして、以下のことを実施した。

#### (1) 風合いデータベースの開発

表1に示すように、風合いデータベースは、触り心地（風合い）に係る指標を3項目とし、各項目の程度の数値は、最小値 1.0、最大値を 5.0 とし、小数点以下1桁で表した。また、風合い以外のデータベース項目を販売者名、メーカー名、販売サイト URL、品番、品種、品名、写真(3枚)、色、価格として、12項目からなる実証用の風合いデータベースとした。

表1 風合いデータベースの主要項目のデータ範囲

項目	データ範囲
風合い指標① 柔らかさ	1.0 (しっかり) ~ 5.0 (柔らかい)
風合い指標② 肌ざわり	1.0 (しっとり) ~ 5.0 (さらさら)
風合い指標③ 厚さ	1.0 (薄い) ~ 5.0 (厚い)
品種	1~8 (1:バスタオル、2:フェイスタオル、3:ハンドタオル 他)

\* 1 企画管理部

この研究は、「不織布タオル等製造効率化技術開発事業」の予算で実施した。

(2) タオル製品 Web 検索システムの開発

消費者がタオル製品の風合いに係る 3 指標毎に好みの度合いとなる消費者点 (1 ~ 5) を選択し、その適合率の高いタオル製品順に検索結果としておすすめ表示するタオル製品 Web 検索システムとした。

適合率の算出方法は、風合いデータベースの評価点と消費者点の差 (絶対値) の 3 指標分の和が小さいほど適合率が高いと判断することとした。

次に、タオル製品 Web 検索システムにおいて、風合いデータベースにおけるタオル製品の新規登録、削除及び編集機能を持たせるほか、初期レコードとして 500 個登録して動作検証をしていくこととした。タオル製品 Web 検索システムの主な仕様を表 2 に示す。

表 2 タオル製品 Web 検索システムの主な仕様

項目	内容
風合いに係るインターフェース	トラックバー・コントロールによる選択 (1~5) 
検索結果の表示順	おすすめ順 (消費者が選択した基準 (3 指標の数値) に対して適合率の高い順)、価格の安い順*、価格の高い順*
検索結果の表示数	30 枚
検索ログの保存	日時、3 指標の消費者点、品種、並び順を検索毎に履歴として保存
表示端末	パソコン (Windows、Mac)、スマートフォン (iPhone、Android) の一般的なブラウザにおけるレイアウトを整えること
サーバ	クラウドサービス (仮想専用サーバ上に構築)
開発言語	PHP (Laravel : Web アプリケーションフレームワーク)
ユーザー情報	ユーザーID、メールアドレス、パスワード

\*価格順については、おすすめ順の順位を優先とし、同点の製品について価格順に並び替える。

パソコン等のブラウザにおけるタオル製品 Web 検索システムの画面遷移図を図 1 に示す。

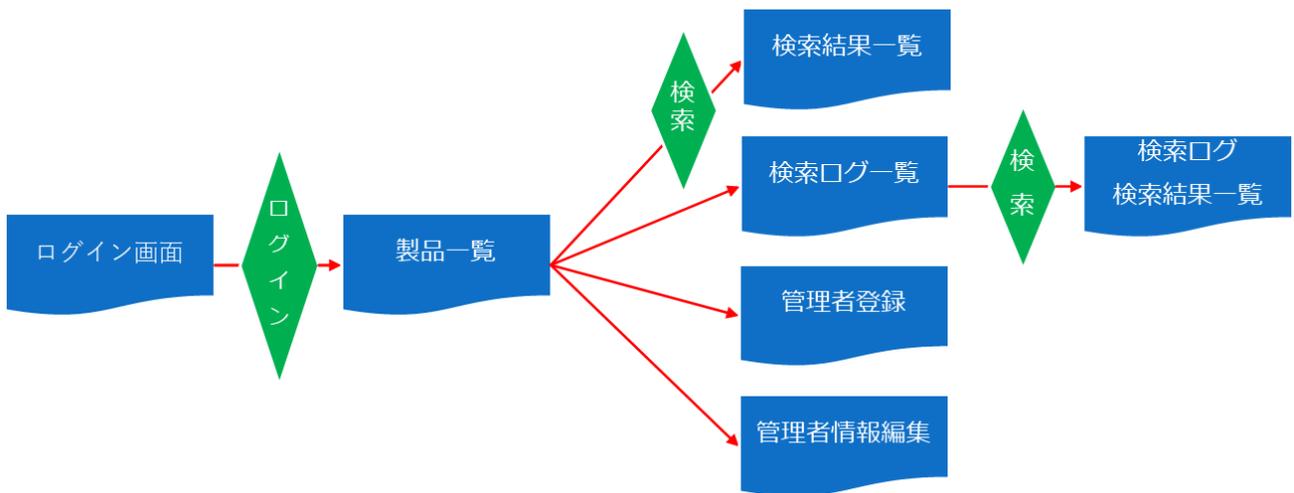


図 1 タオル製品 Web 検索システムの画面遷移図

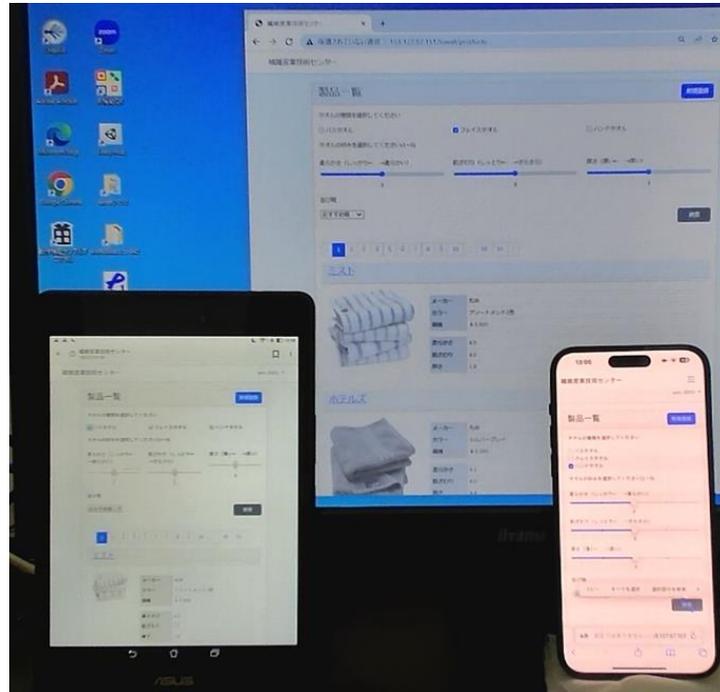
(3) タオル製品販売支援システムの実証試験

図 1 に示したタオル製品 Web 検索システムの画面遷移図において、消費者点に基づくおすすめ順の検索機能、検索ログの保存機能及びパソコンやスマートフォンでの操作性について検証することを目的として実証試験を行った。

## 結果と考察

### 1. タオル製品販売支援システムの開発

パソコン、スマートフォン（iPhone、Android）の一般的なブラウザにおける実証試験の状況を写真1に示す。



Android                  Windows10PC                  iPhone  
写真1 実証試験状況

#### (1) 風合いデータベースの開発

表3に示すように、風合いデータベースは、触り心地（風合い）に係る指標として、柔らかさ、肌ざわり、厚さの3項目とし、各項目の数値は小数点以下1桁までの表記とした。風合い関連以外のデータベース項目は販売者名、メーカー名、販売サイトURL、品番、品種、品名、写真(3枚)、色、価格とした12項目からなる実証用の風合いデータベースを構築し、初期レコードとして500個登録した。なお、データ項目及びデータ範囲は実在するタオル関連ECサイトの仕様を概ね満たすよう設計した。

表3 風合いデータベース

項目番号	販売者名 全角16文字	メーカー名 全角16文字	販売サイトURL 可変数	品番 英数・記号 半角14文字	品種 1~8	品名 全角16文字	写真 2MB 制限	色 全角25文字	価格 6桁	柔らかさ 1.0~5.0	肌触り 1.0~5.0	厚さ 1.0~5.0
1	販売者1	メーカー1	https://i.m.a.b.a.r.i.t.o.w.e.l.jp	Model-1	2	タオル1		アソートメント2色	3,300	4.5	4.0	2.8
2	販売者2	メーカー2	https://i.m.a.b.a.r.i.t.o.w.e.l.jp	Model-2	1	タオル2		シルバークレイ	3,190	4.1	4.0	4.4
3	販売者3	メーカー3	https://i.m.a.b.a.r.i.t.o.w.e.l.jp	Model-3	1	タオル3		アソートメント3色	2,640	4.5	4.2	4.0
4	販売者4	メーカー4	https://i.m.a.b.a.r.i.t.o.w.e.l.jp	Model-4	2	タオル4		シルバー、ホワイト	3,300	3.8	3.9	3.1
5	販売者5	メーカー5	https://i.m.a.b.a.r.i.t.o.w.e.l.jp	Model-5	2	タオル5		白銀	5,500	3.6	3.8	3.0
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
496	販売者496	メーカー496	https://i.m.a.b.a.r.i.t.o.w.e.l.jp	Model-496	2	タオル496		アイボリー	1,320	2.9	3.1	3.0
497	販売者497	メーカー497	https://i.m.a.b.a.r.i.t.o.w.e.l.jp	Model-497	2	タオル497		グレー	1,320	2.9	3.1	3.0
498	販売者498	メーカー498	https://i.m.a.b.a.r.i.t.o.w.e.l.jp	Model-498	2	タオル498		ブラウン	1,320	2.9	3.1	3.0
499	販売者499	メーカー499	https://i.m.a.b.a.r.i.t.o.w.e.l.jp	Model-499	2	タオル499		ブラック	1,320	2.9	3.1	3.0
500	販売者500	メーカー500	https://i.m.a.b.a.r.i.t.o.w.e.l.jp	Model-500	2	タオル500		ホホワイト	1,320	4.1	2.7	3.3

※ 赤線枠内が風合いに係る 3 指標

(2) タオル製品 Web 検索システムの開発

消費者がタオル製品の風合いに係る 3 指標毎に好みの度合いとなる消費者点（1～5 の整数値）を選択し、その適合率の高いタオル製品順に検索結果を表示するタオル製品検索システムを開発した。

まず、適合率の算出方法については、風合いデータベースの評価点（表 1）と消費者点の差（絶対値）の 3 指標分の総和が小さいほど適合率が高いこととした（図 2）。

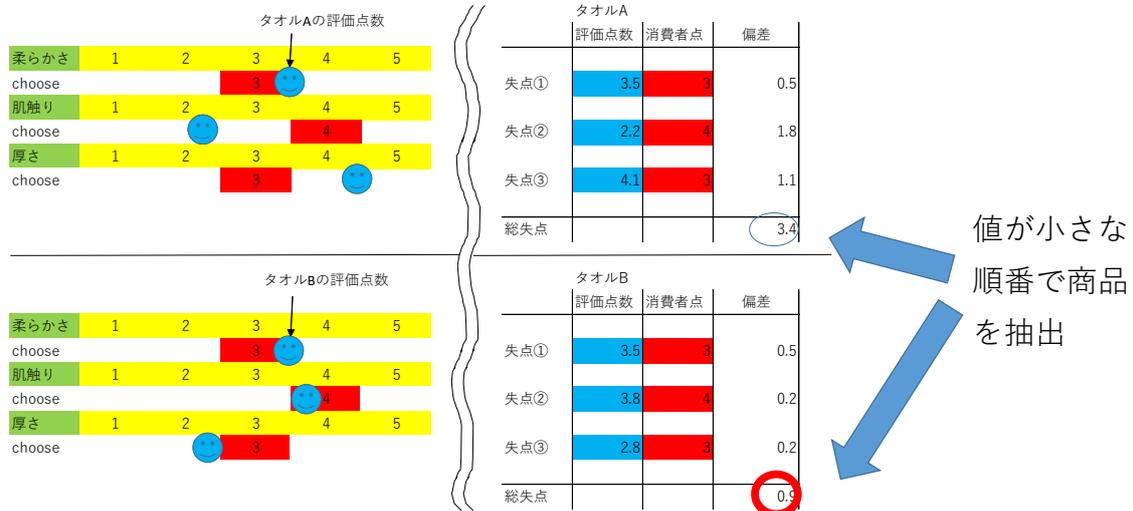


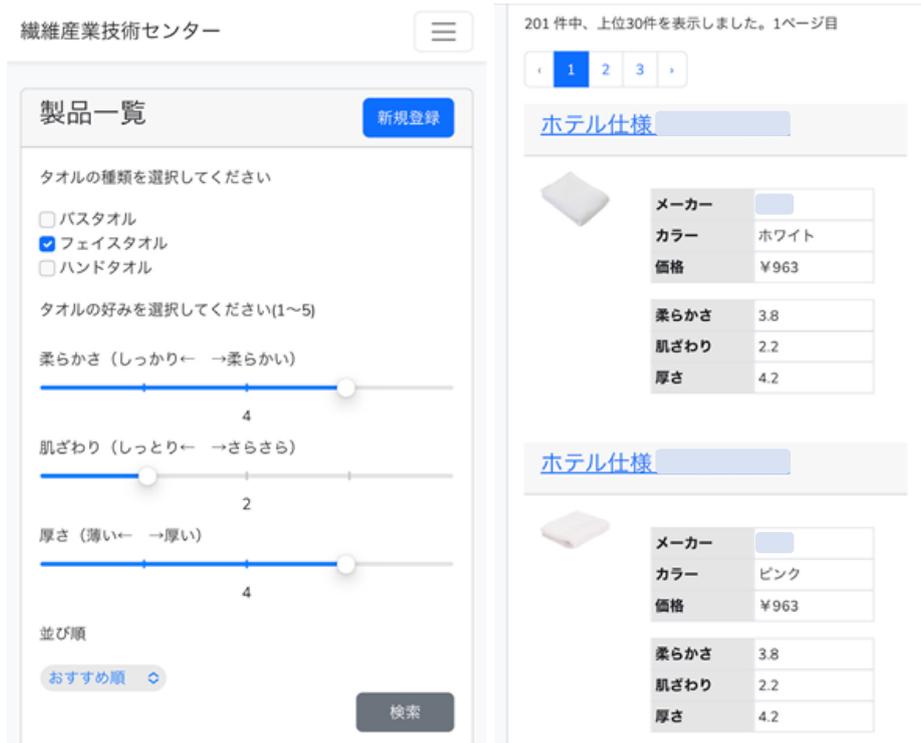
図 2 適合率の算出方法

次に、タオル製品 Web 検索システムにおける画面構成（iPhone の Google Chrome）として、製品登録の画面構成を図 3 に、製品一覧からの検索の画面構成を図 4 に、検索ログの一覧と CSV ファイルへの出力結果の画面構成を図 5 にそれぞれ示す。



製品の登録

図3 タオル製品 Web 検索システムの機能別の画面構成①



製品一覧からの検索

検索結果

図4 タオル製品 Web 検索システムの機能別の画面構成②

**検索ログ**

タオルの種類を選択してください

バスタオル  
 フェイスタオル  
 ハンドタオル

値を選択してください

柔らかさ (しっかり ← → 柔らかい)

肌ざわり (しっとり ← → ささら)

厚さ (薄い ← → 厚い)

並び順を選択

期間: 2023 ~ 2023

検索 CSV出力

日時	柔らかさ	肌ざわり	厚さ	カテゴリ	並び順
2023-02-01 15:32:30	5.0	3.0	3.0	バスタオル	おすすめ順
2023-02-01 15:32:43	5.0	3.0	3.0	バスタオル	価格の安い順
2023-02-01 15:32:49	5.0	3.0	3.0	バスタオル	価格の高い順
2023-02-01 15:33:07	5.0	3.0	3.0	バスタオル	価格の高い順
2023-02-01 15:33:14	5.0	3.0	3.0	バスタオル	価格の安い順
2023-02-01 15:33:34	5.0	3.0	3.0	バスタオル	価格の高い順
2023-02-01 15:33:47	5.0	3.0	3.0	バスタオル	価格の安い順
2023-02-06 17:00:38	4.0	3.0	4.0	バスタオル ハンドタオル	おすすめ順
2023-02-21 11:11:15	3.0	3.0	3.0	バスタオル	おすすめ順
2023-02-21 11:12:12	3.0	3.0	3.0	バスタオル	価格の安い順

日時	柔らかさ	さわり心地	厚さ	カテゴリー	並び順
2023/1/26 19:03	3	3	3		おすすめ順
2023/1/26 19:05	3	5	2		おすすめ順
2023/1/30 10:39	3	3	3		おすすめ順
2023/2/1 15:32	5	3	3	バスタオル	おすすめ順
2023/2/1 15:32	5	3	3	バスタオル	価格の安い順
2023/2/1 15:32	5	3	3	バスタオル	価格の高い順
2023/2/1 15:33	5	3	3	バスタオル	価格の高い順
2023/2/1 15:33	5	3	3	バスタオル	価格の安い順
2023/2/1 15:33	5	3	3	バスタオル	価格の高い順
2023/2/1 15:33	5	3	3	バスタオル	価格の安い順
2023/2/1 15:33	5	3	3	フェイスタオル	価格の安い順
2023/2/1 15:34	5	3	3	フェイスタオル	価格の高い順
2023/2/1 15:34	5	3	3	フェイスタオル	価格の安い順
2023/2/1 15:34	5	3	3	フェイスタオル	価格の高い順
2023/2/3 9:08	3	3	3		おすすめ順
2023/2/3 9:09	3	3	3		価格の安い順
2023/2/3 9:09	3	3	3		価格の安い順
2023/2/3 15:36	3	3	4		おすすめ順
2023/2/6 17:00	4	3	4		おすすめ順
2023/2/6 17:00	4	3	4	フェイスタオル	おすすめ順
2023/2/6 17:00	4	3	4	ハンドタオル	おすすめ順
2023/2/6 17:00	4	3	4	バスタオル ハンドタオル	おすすめ順
2023/2/9 13:32	3	3	3		おすすめ順
2023/2/9 13:34	3	3	3		おすすめ順
2023/2/14 20:20	4	3	3		おすすめ順
2023/2/17 18:51	3	3	3	フェイスタオル	おすすめ順
2023/2/21 11:11	3	3	3	バスタオル	おすすめ順
2023/2/21 11:12	3	3	3	バスタオル	価格の安い順

検索ログの一覧

CSV ファイルへの出力結果

図5 タオル製品 Web 検索システムの機能別の画面構成③

図4に示すように、消費者はタオルの品種と風合いに係るタオルの好みを選択することにより、検索結果としてタオルの風合いに係る3指標の評価値、写真、メーカー、色の情報を、おすすめ順（適合率の高い順）に

取得することが可能であることを確認した。

### (3) タオル製品販売支援システムの実証試験

図1に示したタオル製品Web検索システムの画面遷移図のうち、消費者点に基づくおすすめ順の検索機能、検索ログの保存機能及びパソコンやスマートフォンでの操作性について検証することを目的として実証試験をした。

消費者点に基づくおすすめ順については、評価点と消費者点の差（絶対値）の3指標分の総和が同点となった場合に適合した指標数が多い順に上位に表示したほか、価格順についても表2に示した仕様どおりであることを確認した。次に検索ログについては、期間、風合いに係る3指標の消費者点、品種、並び順で検索ログの蓄積データを加工し解析することが可能であり、消費者趣向の分析に有用であることが分かった。

また、図4の検索結果、図5の検索ログの一覧に示したように、スマートフォン版のブラウザにおいてもタオル毎の製品情報や検索ログが一覧できることを確認した。

## ま と め

タオルの触り心地（風合い）の指標での検索を可能としたタオル製品販売支援システムを開発するため、以下のことを実施した。

1. 触り心地（風合い）に係る柔らかさ、肌ざわり、厚さの3項目（各項目の数値は小数点以下1桁）のほか、販売者名、メーカー名、販売サイトURL、品番、品種、品名、写真（3枚）、色、価格の12項目からなる風合いデータベースを構築し、初期レコードとして500個登録した。
2. 風合いデータベースの評価点と消費者が好みの度合いで選択する消費者点の差（絶対値）の3指標分の和が小さいほど適合率が高いこととし、その適合率の高いタオル製品順に検索結果を表示し、検索ログを保存するタオル製品検索システムとした。
3. おすすめ順については、評価点と消費者点に基づき適合率の高い順に、適合率が同点となった場合は適合指標数が多い順に上位表示となり、価格順についてはおすすめ順の順位を保持した上で同順の製品を価格順に表示できるようにした。また、消費者趣向の分析に有用である検索履歴（風合いに係る3指標の消費者点、品種、並び順）のログをユーザー毎に期間指定で抽出可能とした。

# 洗濯によるタオルの硬化に関する研究

## —硬水地域でのタオル硬化要因について—

山口真美 小平琢磨

Research on hardening of towels by washing  
— Factors for hardening towels in hard water areas—  
YAMAGUCHI Mami and KOHIRA Takuma

硬水地域でのタオル硬化要因を調査するため、硬水を用いたタオルの洗濯等により評価したところ、タオル硬化の大きな要因は繊維のフィブリル化による水素結合の強まりによるもので、柔軟剤や洗濯ネットの使用によりタオルを柔らかく保つことが可能であることが分かった。また、硬水に由来する析出物の発生防止のためには合成洗剤を使用することや熱水では洗濯しないこと、付着防止のためにはポリエステル製の洗濯ネットを使用することが有効であることが分かった。

キーワード：タオル、硬化、硬水、洗濯

### はじめに

硬水地域は軟水地域に比べて洗濯によりタオルが硬くなりやすいと言われているが、これまでその原因については詳細な検討がなされて来なかった。そこで、タオルの硬化原因を解明することで、今治タオルの海外展開の推進につなげることを目的とした。

### 実験方法

#### 1. 硬水の影響

##### (1) 硬水と洗剤（合成洗剤・石鹼）の混合試験

ミネラルウォーター（Danone S.A.製 evian 公称硬度 304mg/l 以下、「硬水（evian）」とする。）80ml に、洗濯用石鹼（サラヤ(株)製 arau) 120 $\mu$ l 又は合成洗剤（花王(株)製 アタック高浸透バイオジェル）80 $\mu$ l を加え、40 $^{\circ}$ C の水浴で 30 分加熱した後、0.45 $\mu$ m のメンブレンフィルターでろ過することにより固形物を捕捉した。105 $^{\circ}$ C に設定した定温乾燥機（アズワン(株)製 EOP-450B）で 2 時間乾燥した後に固形物の質量を測定した。

##### (2) 硬水の加熱試験

##### i) 析出物の発生量の比較

ミネラルウォーター（Nestle Waters Marketing & Distribution 製 Contrex、公称硬度約 1,468mg/l 以下、「硬水（Contrex）」とする。）を 100ml ずつ採取し、表 1 の操作を行った後に 0.45 $\mu$ m のメンブレンフィルターを用いて析出物を捕捉し、105 $^{\circ}$ C に設定した定温乾燥機で 2 時間乾燥した後に質量を測定するとともに、顕微赤外分光光度計（Perkin Elmer 製 Frontier）によるスペクトル測定及び卓上走査型電子顕微鏡（日本電子(株)製 JCM-6000）による表面観察・元素分析を実施した。

表 1 硬水の加熱条件

表記	加熱方法
加熱なし	—
40 $^{\circ}$ C	40 $^{\circ}$ C の水浴で 30 分加熱し、1 時間静置
沸騰	沸騰するまで加熱し、1 時間静置

この研究は、「不織布タオル等製造効率化技術開発」の予算で実施した。

## ii) 素材による析出物付着量の比較

素材の違いによるカルシウム付着量を調べるため、沸騰するまで加熱した硬水 (evian) に綿及びポリエステル糸を 10 分間浸漬した。取り出した糸は、強制対流方式定温乾燥機 (アズワン(株)製 OFW-600B-R) を用いて 60°C で 20 分間乾燥した後、卓上走査型電子顕微鏡で表面を観察した。

## iii) 析出物のタオルへの付着

タオルへの析出物の付着量を調べるため、表 2 のタオルについて表 3 の加熱操作を行った。硬水 (Contrex) は 500ml/回、加熱はステンレス製の鍋、脱水は二槽式小型洗濯機 (株アルミス製 AST-01)、乾燥は強制対流方式定温乾燥機、洗濯ネット (ポリエステル 100%、細目) を使用した。次に、卓上走査型電子顕微鏡でタオル及び洗濯ネットの表面を観察した。

表 2 試験用タオル

織機	小幅シャトル織機
箆	50 羽/3.79cm
よこ糸密度	48 本/2.54cm
パイル糸	20/1 <sup>S</sup>
地たて糸	40/2 <sup>S</sup>
よこ糸	20/1 <sup>S</sup>
パイル長	10mm
箆引き込み	GP   GP
サイズ	約 20×17cm
質量	約 15g

表 3 硬水中でのタオルの加熱条件

表記	加熱・脱水・乾燥
煮沸 5 回 (硬水)	「硬水に浸漬し 1 時間煮沸→3 分脱水→60°C・2 時間乾燥」× 5 回
煮沸 5 回 (硬水+ネット)	「硬水に浸漬し 1 時間煮沸 (洗濯ネットを使用) →3 分脱水→60°C・2 時間乾燥」× 5 回

## 2. タオルの柔らかさの評価

タオルの硬化要因を調査するため、表 2 のタオルについて表 4 の洗濯操作を行った。なお、洗濯にはミニ洗濯機 (ウィナーズ(株)製 RWM-1)、脱水は二槽式小型洗濯機、乾燥は強制対流方式定温乾燥機を使用し、常温の水道水 (硬度 33mg/L) 又は硬水 (Contrex)、柔軟剤 (花王(株)製 ハミング素肌おもい) をそれぞれ使用した。

次に、タオルの柔らかさを評価するため、表 4 の 6 枚のタオルについて、触り心地による順位付けをし、柔らかいものから順に点数 (5 点→0 点) を付け、11 名の平均値で表した。

表 4 タオルの洗濯条件

表記	洗濯・脱水・乾燥
ブランク	—
10 回洗濯 (水道水)	「水道水を用いて洗濯→3 分脱水→60°C・2 時間乾燥」× 10 回
10 回洗濯 (硬水)	「硬水を用いて洗濯→3 分脱水→60°C・2 時間乾燥」× 10 回
50 回洗濯 (水道水)	水道水を用いて 50 回洗濯→3 分脱水→60°C・2 時間乾燥
50 回洗濯 (水道水)+柔軟剤	水道水を用いて 50 回洗濯→柔軟剤に 10 分浸漬→3 分脱水→60°C・2 時間乾燥
50 回洗濯 (水道水+ネット)	水道水を用いて 50 回洗濯 (洗濯ネットを使用) →3 分脱水→60°C・2 時間乾燥

## 結果と考察

### 1. 硬水の影響

#### (1) 硬水と洗剤（合成洗剤・石鹼）の混合試験

捕捉した固形物量を図1に示す。合成洗剤では0.2mgであったが、石鹼では27.2mgと多くの固形物（石鹼かす）が発生した。

#### (2) 硬水の加熱試験

##### i) 析出物の発生量の比較

捕捉した析出物量を図2に、FT-IR スペクトルを図3に、電子顕微鏡画像及び元素分析結果を図4に示す。40°Cで30分加熱した場合の析出物は加熱しない場合の約2倍であるのに対し、沸騰するまで加熱した場合は約24倍となり、熱水にすることで多くの析出物が発生することが分かった。図3でCO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (1396cm<sup>-1</sup>)とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (1127cm<sup>-1</sup>)に基づく吸収が見られること、図4でカルシウム、炭素及び硫黄が検出されていることなどから、析出物は主に炭酸カルシウム (CaCO<sub>3</sub>)と硫酸カルシウム (CaSO<sub>4</sub>)であると推察される。

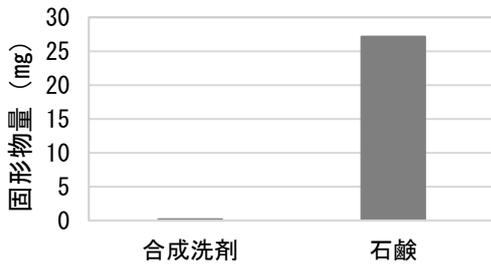


図1 洗剤との混合で発生した固形物

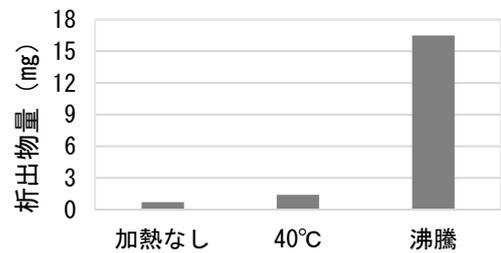


図2 加熱により発生した析出物

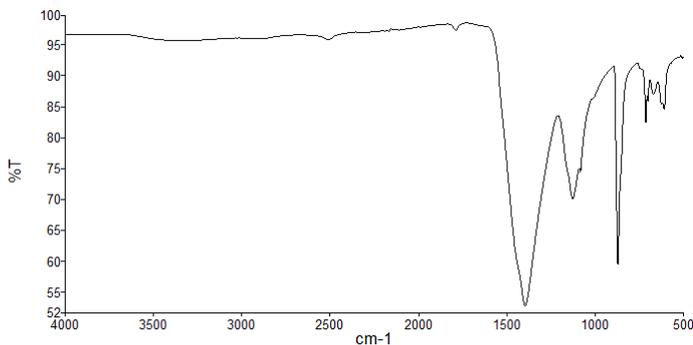


図3 析出物のFT-IRスペクトル

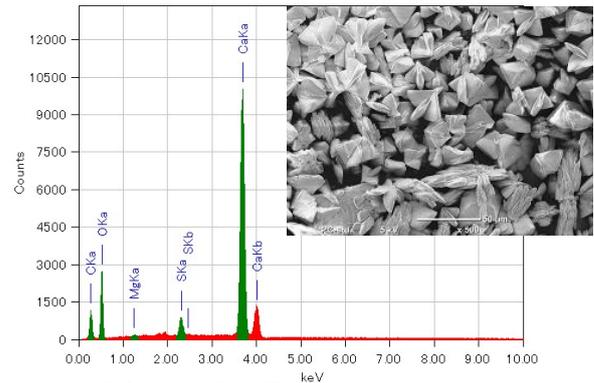


図4 析出物の電子顕微鏡画像及び元素分析結果

##### ii) 素材による析出物付着量の比較

電子顕微鏡観察画像を図5に示す。綿よりもポリエステルに多くの析出物が付着していることが分かった。これは、親水性である綿よりも疎水性であるポリエステルの方が析出物との親和性が高いためと推察される。

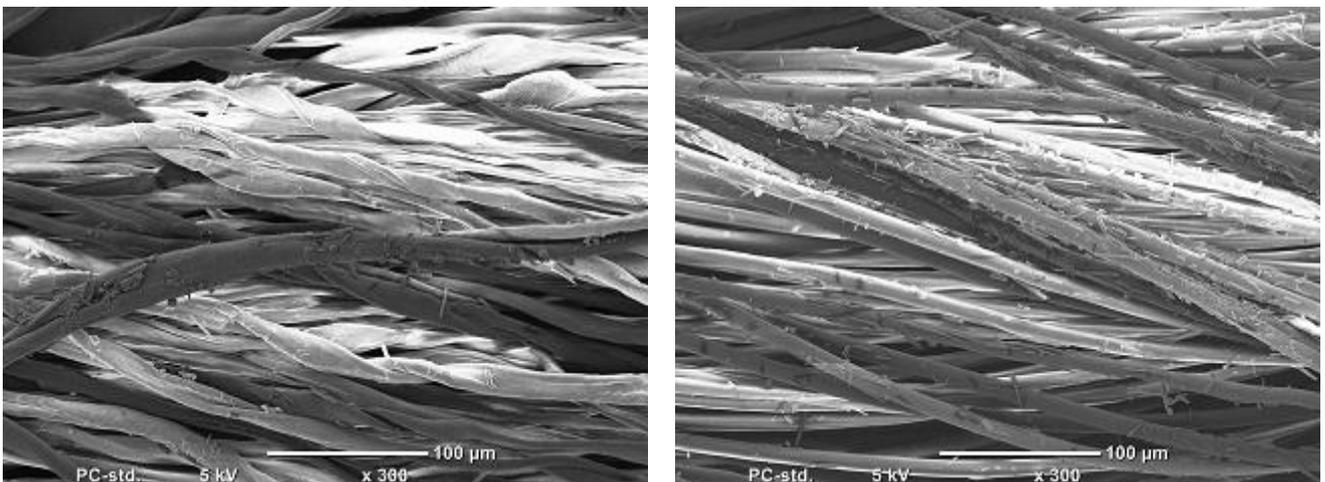


図5 糸に付着した析出物の電子顕微鏡画像（左：綿、右：ポリエステル）

iii) 析出物のタオルへの付着

電子顕微鏡観察画像を図6に示す。洗濯ネットを使用していないタオルは使用したものに比べて綿繊維上に多くの析出物が付着していること、また、洗濯ネットの内側と比べて外側に多くの析出物が付着していることが分かった。このことから、析出物は繊維上で成長するのではなく、内壁などで発生しタオルが擦れるなどして付着したものと推察される。

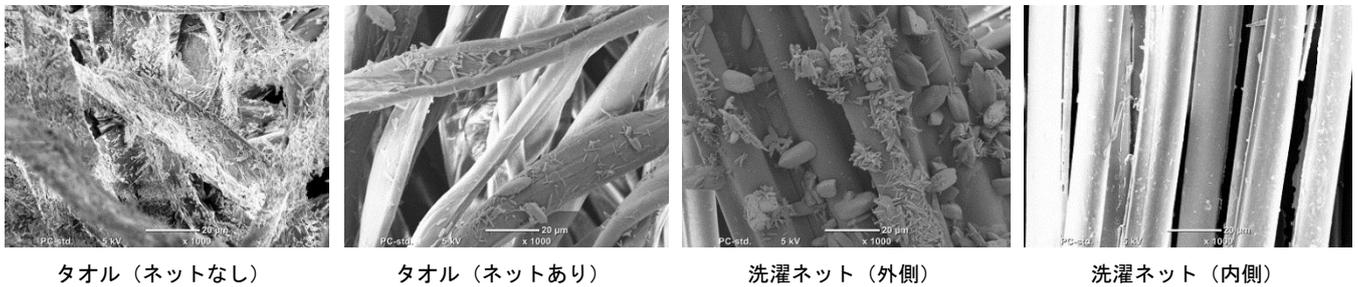


図6 タオル及び洗濯ネットに付着した析出物の電子顕微鏡画像

2. タオルの柔らかさの評価

触り心地によるタオルの柔らかさの評価結果を図7に示す。水道水又は硬水を使用して10回洗濯したものを比較すると、硬水による硬化の優位性は認められなかった。水道水で50回洗濯したものは一度も洗濯していないブランクと比べて大きく点数が下がったが、柔軟剤や洗濯ネットを使用したものはブランクに近い点数となった。

50回洗濯後のタオルから採取したパイル糸の電子顕微鏡観察画像を図8に示す。そのまま洗濯したものは繊維が傷んで微細化(フィブリル化)しているが、洗濯ネットを使用したものは傷みが少ないことが分かった。このことと触り心地評価の結果から、洗濯による繊維のフィブリル化の進行で水素結合が強まり、隣り合う繊維との結合力が強くなることによってタオルが硬くなると考えられる。柔軟剤を使用した場合は水素結合が弱まることで、洗濯ネットを使用した場合はフィブリル化が抑制されることでタオルを柔らかく保つことができると考えられる。

欧州ではドラム型洗濯機の使用が多く洗濯時間も長いことから、繊維のフィブリル化の進行が早く硬く感じられるものと推察される。

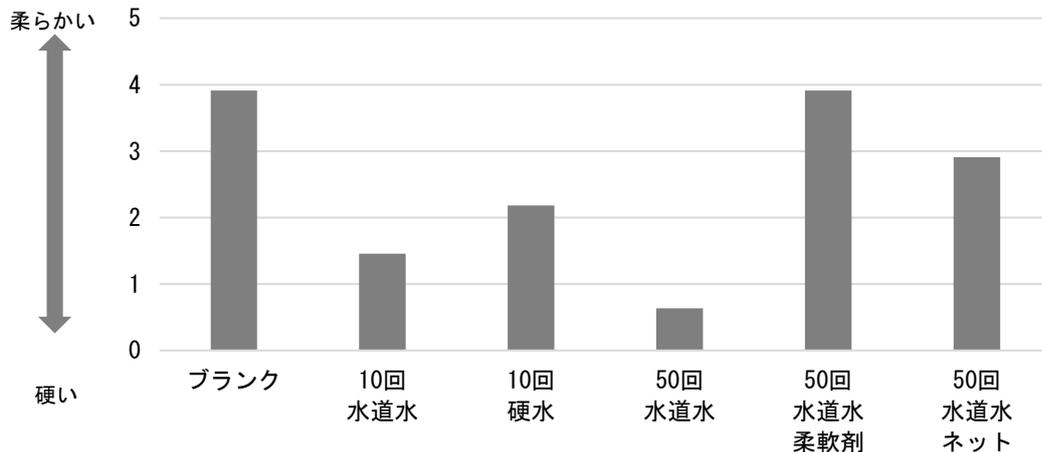
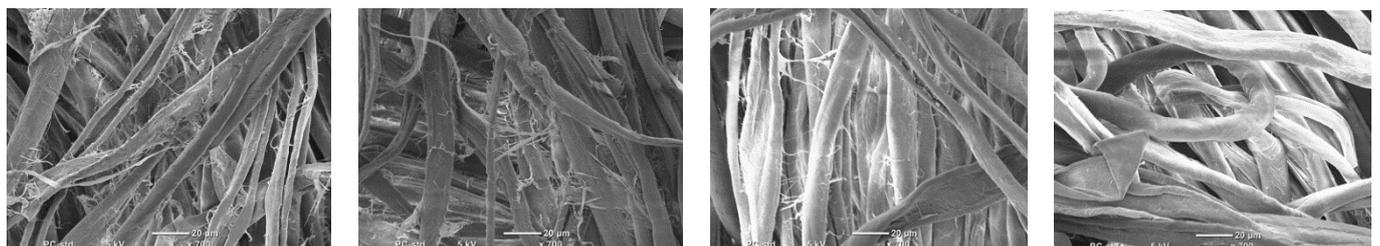


図7 タオルの柔らかさの評価結果



50回洗濯 (水道水) 50回洗濯 (水道水+ネット)

図8 50回洗濯後のパイル糸の電子顕微鏡画像

## ま と め

硬水地域でのタオルの硬化原因を特定するため、硬水を用いた評価試験を実施し、以下のことが分かった。

1. 硬水と石鹼を混合した場合は合成洗剤よりも多くの石鹼かすが発生する。
2. 硬水を熱水にすることにより多くの析出物が生じるが、40℃程度の温水であれば影響は小さい。
3. 綿とポリエステルを比較するとポリエステルの方が析出物は付着しやすく、ポリエステル製の洗濯ネットを使用することによりタオルへの析出物の付着を抑制できる。
4. タオルの硬化の大きな原因は繊維のフィブリル化による水素結合の強まりによるもので、柔軟剤や洗濯ネットを使用することでタオルを柔らかく保つことが可能である。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、海外で使用されたタオルを参考試料としました。提供及び収集にご協力頂いた方々に感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 五十嵐崇子, 中村浩一: 衣料用柔軟剤の効果発現メカニズム, オレオサイエンス, 第 13 巻第 11 号, 3-8 (2013).

# 「柔らかい糸」の製造方法に関する研究

田中克典 檜垣誠司

Research on soft thread manufacturing method for towels

TANAKA Katsunori and HIGAKI Seiji

水溶性の化学繊維を使わずに無撚糸を作製するために、サイジングワインダーによる糊付け後に解撚する方法を検討した。

番手の異なる糸を複数用意し、糊付け後の解撚数をパラメータとして、糸の物性評価とタオル製織後の柔らかさの評価を行ったところ、解撚数が増すと引張強さや抱合力が低下するものの、糊濃度を高めることでほぼ無撚糸状態で製織が可能であり、30番手綿糸で試作した生地は市販の無撚糸タオルと同等の柔らかさとなった。

キーワード：無撚糸、撚糸、タオル、サイジングワインダー、糊付け、繊維素材

## はじめに

現在、タオルの風合いを柔らかくするために「無撚糸」が多用されているが、無撚糸は強度がないため、水溶性の化学繊維を巻き付けることで補強し、製織後に水溶性の化学繊維だけを溶解させている。このため、コストがかかるうえ、環境意識の高い事業者からは環境負荷が懸念されている。

そこで、本研究では水溶性の化学繊維を使用しない解撚方法で、従来の無撚糸並みの風合いを持つ糸の加工方法を検討したので報告する。

## 実験方法

### 1. チーズ糊付け糸の解撚後の物性評価

まず、通常の綿糸加工（精練漂白・チーズ糊付け）した糸に対し、どの程度解撚可能かを調べた。4種類の綿糸（タオルに一般的に使用されている通常綿 10/1<sup>s</sup>、20/1<sup>s</sup>、30/1<sup>s</sup>、長繊維綿 20/1<sup>s</sup>）に通常の精練漂白及びチーズ糊付け（糊剤濃度 3%owf）を実施し、2.54cmあたりの解撚数4回、8回で解撚前後の強伸度（引張強さ）、抱合力（こすれに対する強さ）、毛羽数を測定した。

実施した物性試験方法は、(1)～(3)のとおりである。<sup>1)</sup>

- (1) 強伸度試験 JIS L1095 単糸引張強さ及び伸び率
- (2) 抱合力試験 抱合力試験機（蛭田理研株式会社製）による糸切断までの回転数
- (3) 毛羽数試験 JIS L1095 毛羽試験機によるB法

### 2. サイジングワインダーにて糊付けした糸の解撚後の物性評価

チーズ糊付け糸と同様の4種類の綿糸に対して、サイジングワインダー（㈱ヤマダ製 YS-6）による糊付け後に、ダブルカバーリングマシン（㈱カキノキ製 KBW-4）によって、糸の解撚を2.54cmあたりの解撚数4回、8回、12回でそれぞれ行い、解撚前後の引張強さ、抱合力、毛羽数を比較した。なお、サイジングワインダーによる糊付けは糊濃度2%owsと3%owsにて実施した。

### 3. 作製した解撚糸を用いたタオルの試作

糊付け後に解撚した糸を用いて、タオルを試織可能かどうか確認した。

サイジングワインダーで3%糊付け後に12回/2.54cm解撚した糸をパイル糸に用いてタオルを試作した。試作したタオルの製織条件を表1に示す。

表 1 解燃糸を用いたフェイスタオルの製織条件

使用織機	小幅シャトル織機
糸素材	地たて糸：綿糸 40/2 <sup>s</sup>
	パイル糸：4種類（長繊維綿 20/1 <sup>s</sup> 、 通常綿 10/1 <sup>s</sup> 、20/1 <sup>s</sup> 、30/1 <sup>s</sup> ）
	よこ糸：20/1 <sup>s</sup>
よこ糸密度（本/2.54cm）	48
たて糸密度（本/3.79cm）	100
箆引き込み	[G P]

#### 4. 試作したタオルの柔らかさ評価

試作したタオルを評価するため、図1に示すような試作簡易測定装置を用いて、市販の無燃糸タオルと柔らかさを比較した。

##### (1) 装置の構成

片持ちはりの自由端をタオル生地押し当て、片持ちはり全体を降下させ、撓んだ度合を片持ちはりの固定部周辺の表面ひずみを計測することにより評価する機構（図1）とした。

片持ちはりとして、長さ40mm、幅4mm、厚さ約0.6mm（片持ちはり部）の竹板を用いた。その自由端には、幅4mm×長さ4mm×厚さ3mmの竹材の圧子を取り付けてある。また、固定端近くにひずみゲージ（㈱共和電業製 KFEL；ゲージ長さ2mm、ゲージ率2.05）を接着により取り付け、事前に校正することで片持ちはりの撓みの程度の計測が可能となる。ひずみゲージの信号は、ひずみアンプ（㈱NEC AVIO 赤外線テクノロジー製 DC31-203A）により測定した。片持ちはりにはZステージに固定し、これにより片持ちはり全体を昇降可能とした。昇降量は、Zステージ上面にセットしたダイヤルゲージにより計測が可能となる。タオル生地は20cm×20cmのラボジャッキ上に置き、初期位置の高さの調整を可能にしている。

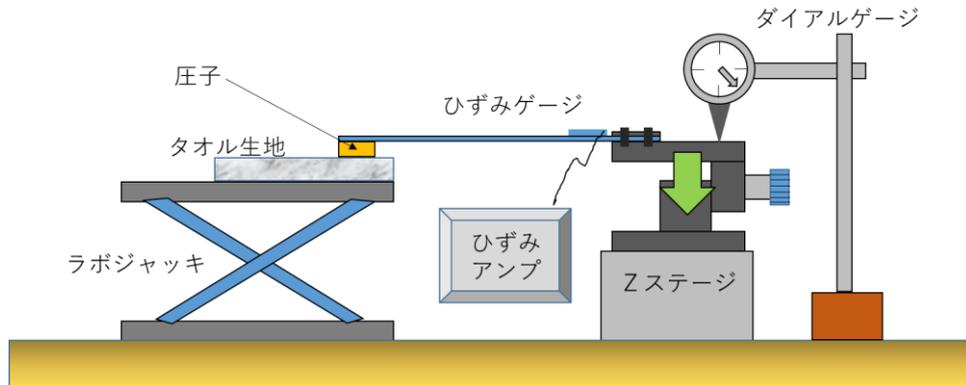


図1 柔らかさの簡易測定装置構成図

##### (2) 測定方法

図1を用いて試験手順を説明する。本研究では1つのサンプルに対し5回測定を行った。

##### <測定準備>

- ① ラボジャッキの高さを調節し（下げ）、片持ちはりの先端が当たらないようにジャッキの上面にタオル生地をセットする。
- ② ひずみゲージの値がゼロとなるように、バランス調整を行う。
- ③ ラボジャッキを上げ、タオル生地の表面が片持ちはりの圧子に軽く当たる程度に調節する。

##### <開始>

- ① ひずみ値を見ながら、Zステージのつまみを回して片持ちはりをゆっくりと低下させ、ひずみ値が(A)  $\mu\epsilon$ （本実験では、 $-50\mu\epsilon$ とした）となった時に低下を止め、この際のダイヤルゲージの目盛りを読む（x mm とする）。
- ② さらに、ひずみ値を確認しながらZステージのつまみを回し、片持ちはりを低下させる。ひずみゲージの値が(B)  $\mu\epsilon$ （本実験では、 $-600\mu\epsilon$ とした）となった点でのダイヤルゲージの目盛りを読む（y mm とする）。(B)に相当する値は複数設けても良い。

③この後、Zステージのつまみを反対側に回し、上昇させる。片持ちはりの圧子がタオル生地と接触しない点まで上昇させ、ひずみゲージのひずみ値がゼロに戻ることを確認する。

<柔らかさの評価方法>

①生地の柔らかさの指標として、バネ定数を用いる。(単位：g/mm)

$$\text{②バネ定数} = \frac{[(B\mu\epsilon \text{ に対応した荷重 } Bw \text{ (g)}) - (A\mu\epsilon \text{ に対応した荷重 } Aw \text{ (g)})]}{[(B\mu\epsilon \text{ の際の生地押込量 } BI \text{ (mm)}) - (A\mu\epsilon \text{ の際の生地押込量 } AI \text{ (mm)})]} \dots (1)$$

ここで、(x με の際の生地への押込量 y mm)は、x με 時での (Z ステージ低下量) から、(片持ちはりの撓み量) を差し引いた値で求めることができる。

## 結果と考察

### 1. チーズ糊付け糸の解燃後の物性

各糸の元撚り数 (解燃前の撚り数) を表 2、チーズ糊付け糸の解燃前後の引張強度の測定結果を図 2、抱合力を図 3、毛羽数を図 4 にそれぞれ示す。

なお、解燃数は 2.54cm あたりの回数であり、解燃時に糸が切断したものや抱合力試験で初荷重に耐えきれず、破断したものは図に記載していない。この結果から、チーズ糊付けでは元の撚り数の半分程度しか解燃できず、製織に十分な強度も得られないことが分かった。

表 2 各糸の元撚り数

	10/1 <sup>s</sup> 通常綿	20/1 <sup>s</sup> 通常綿	30/1 <sup>s</sup> 通常綿	20/1 <sup>s</sup> 長繊維綿
撚り数 (回/2.54cm)	13.2	17.1	21.3	11.2

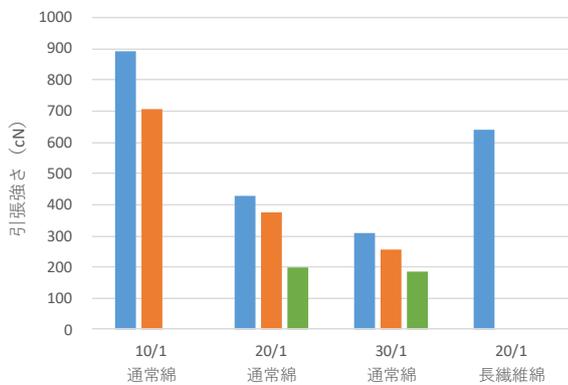


図 2 引張強さの測定データ (チーズ糊付け)

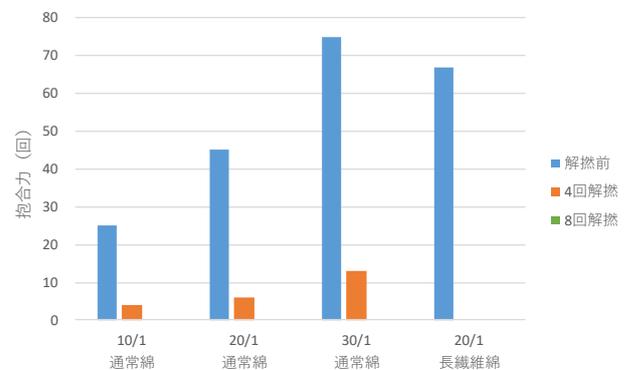


図 3 抱合力の測定データ (チーズ糊付け)

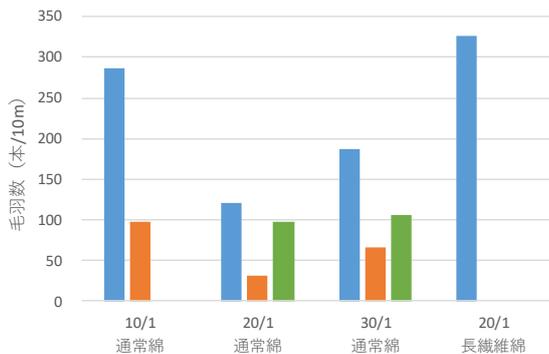


図 4 毛羽数の測定データ (チーズ糊付け)

## 2. サイジングワインダーで糊付けした糸の解燃後の物性

サイジングワインダーで糊付けした糸の解燃前後の引張強度の測定結果を図5、抱合力を図6、毛羽数を図7にそれぞれ示す。糊濃度2%については、解燃前、4回解燃、8回解燃、12回解燃後のそれぞれの物性を示し、糊濃度3%については、12回解燃後のみの物性を示した。図中に値がないものは、試験中あるいは糸製造中に破断あるいは切断により測定ができなかった理由による。

引張強度に関しては、元撚り数が17回以上の綿糸の場合、解燃数の増加に対する引張強度の低下量が線形であるのに対し、元撚り数が少ない場合は、引張強度の低下割合は解燃数により異なった。長繊維綿糸は通常綿糸より高い値となり、糊濃度を3%に増すことでいずれの綿糸も強度が増加した。

抱合力に関しては、すべての綿糸において解燃数を増すと抱合力は大きく低下した。また、元撚り数から解燃数を差し引いた撚り数が同じであれば、綿糸の太い方が高い抱合力となった。さらに、解燃数が12回の場合では、2%の糊濃度を3%にすることで、抱合力は大きく改善された。

毛羽数に関しては、解燃数を増せば毛羽数が増加する傾向にあるが、綿糸が細いほどその影響は比較的小さくなる傾向であることが分かった。糊濃度は3%とすると2%時より毛羽は少なくなった。

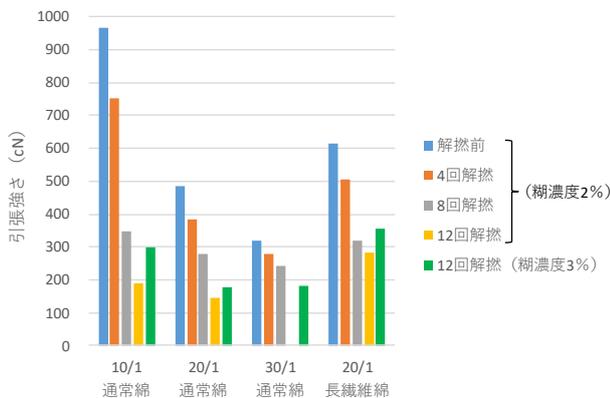


図5 引張強さの測定データ (サイジングワインダー)

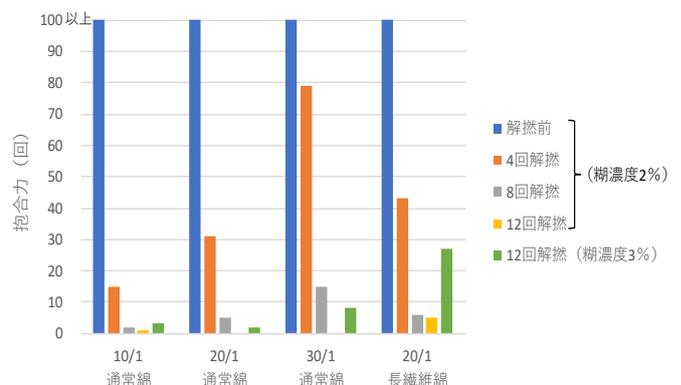


図6 抱合力の測定データ (サイジングワインダー)

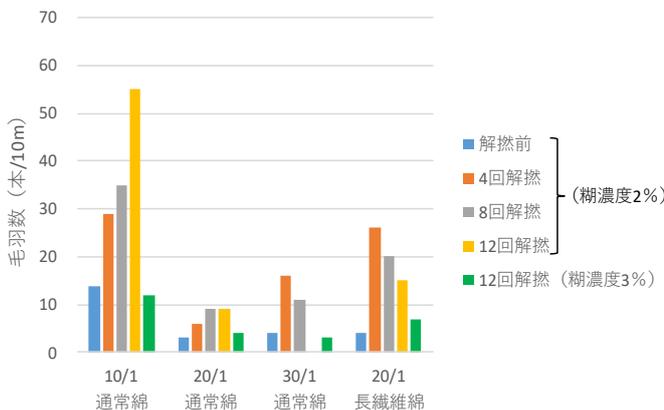


図7 毛羽数の測定データ (サイジングワインダー)

## 3. 解燃糸を用いたタオルの試織

試作した解燃糸を用いてタオルを製織した。チーズ糊付け糸では解燃時に糸が切れ十分な解燃ができなかったが、サイジングワインダー糊付け糸では糊濃度3%以上にすると、通常綿でも解燃したうえで整経可能であった。この糸はその後の製織工程でも製織性に問題はなかった。ただし、整経巻き返し及び織機への掛け替え時には糸切れに注意する必要がある。

試作したタオル表面の様子を写真1に示す。解燃糸を用いた試作タオルは、糊抜き後、市販の無撚糸タオルと同様にパイル糸の撚りがほとんどないことが確認できた。

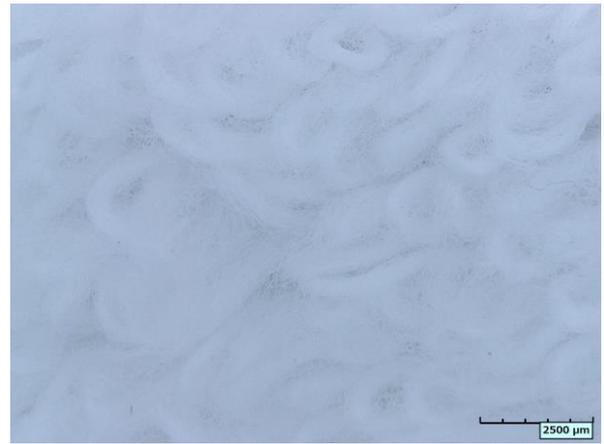
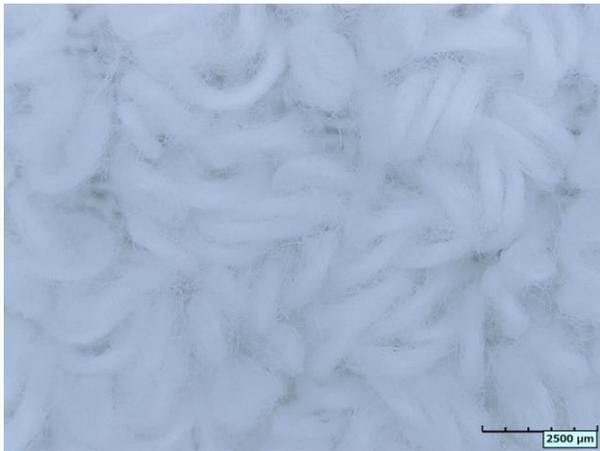


写真1 試作タオル及び市販無撚糸タオルの表面の写真  
(左：長繊維綿 20/1<sup>s</sup>の解撚糸を用いた試作タオル、右：市販の無撚糸タオル)

#### 4. 試作したタオルの柔らかさ評価

サイジングワインダーで3%糊付けし、12回/2.54cm 解撚した糸を用いて試作したタオルについて、柔らかさの簡易測定装置を用いて、市販の無撚糸タオルと解撚糸タオルのバネ定数を比較したところ、表3に示す結果となった。30番手の糸で試作したタオルは市販の無撚糸タオルと同等の柔らかさとなった。パイル糸が細くなるほど柔らかさが増加し、糸の繊維長が長いほど、少ない撚り数まで解撚できることから、長繊維の細番手糸をサイジングワインダーで糊付け後、より少ない解撚数で無撚糸と同等の風合いを得られることが分かった。

表3 試作したタオルのバネ定数

糸種・番手	バネ定数 (平均値) [g/mm]	(最小値) [g/mm]	(最大値) [g/mm]
通常綿 10/1 <sup>s</sup>	2.9	1.9	4.5
通常綿 20/1 <sup>s</sup>	1.9	1.4	2.3
通常綿 30/1 <sup>s</sup>	1.4	1.2	1.6
長繊維綿 20/1 <sup>s</sup>	1.7	1.5	2.1
市販無撚糸タオル (比較用)	1.4	1.2	1.5

## ま と め

糸を糊付けしてから解撚することで無撚糸を作製し、試織した結果、以下のことが分かった。

- 糊付け方法はチーズ糊付けでは十分な強度が得られず、サイジングワインダー糊付けの濃度3%以上で解撚後に製織可能な強度まで補強されることが分かった。
- 解撚糸をパイル糸に用いたタオルは、12回/2.54cm 解撚した30番手綿糸で市販の無撚糸タオルと同等の柔らかさとなった。
- 解撚糸を作製する際、原綿の繊維長が長いほど、少ない撚り数に解撚でき、柔らかくなった。

## 文 献

- 1) JIS L1095 一般紡績糸試験方法 (2021).

## 資料

## ペット用消臭紙の開発

西尾俊文\*<sup>1</sup> 明賀久弥 續木康広 星川幸久\*<sup>2</sup> 野原正勝\*<sup>3</sup>

## Development of Pet Deodorant Paper

NISHIO Toshifumi, MYOGA Hisaya, TSUZUKI Yasuhiro, HOSHIKAWA Yukihisa and NOHARA Masakatsu

現在、ペットの飼育環境の改善のため、各種消臭用品が用いられている。そこで愛媛県の主要産業である紙を使ったペット用消臭用品の製品開発を目指し、既製品の活性炭紙と、試作した銀セルガイア紙及び備長炭不織布について、アンモニア標準ガスにより吸着性能及び効果の持続性を評価した。また、これら消臭紙について、マウス飼育環境での消臭効果の検証として、飼育ケージ直上に消臭紙を箱状に加工したものを被せて飼育し、ケージ内のアンモニア濃度変化及び、マウスへ与えるストレス度を評価した。その結果、銀セルガイア紙が最もアンモニア濃度上昇を抑える傾向があったが、紙自体の吸着性能差ほどの違いは出ず、また、アンモニア濃度とストレスマーカー測定結果に明確な相関は見られなかった。

キーワード：ペット、マウス、消臭、紙、活性炭、銀セルガイア、ストレス

## はじめに

ペットの飼育環境の改善やストレス軽減のため、各種消臭用品が用いられているが、ペットのみならず実験動物においてもストレス緩和のための研究が求められている。そこで、愛媛県の主要産業である紙を使った製品開発を目指し、ペット用消臭用品に適した紙素材として、前年度検討した素材を使った消臭紙を基本として性能を評価した。

今年度は、消臭紙が対象動物（マウス）に触れない使用形態における飼育環境（臭気）の改善や動物に与える影響について検証したので報告する。

## 実験方法

## 1. 消臭紙の試作と加工

実験に使用する消臭紙は、有効成分比は比較のため昨年度実施分<sup>1)</sup>と同じとし、平判使用を想定して坪量は40g/m<sup>2</sup>で統一した。活性炭粉末を配合率5%で漉き込んだ活性炭紙40(①)、銀セルガイアと針葉樹パルプが重量比1:1の銀セルガイア紙(②)、備長炭繊維と銀系抗菌繊維が重量比1:1の備長炭不織布(③)の3種類を試験に用いた。①は星高製紙株が、②と③は紙産業技術センターが試作した。なお、コントロールには、消臭成分を含まない針葉樹パルプ100%で作製したシートを用いた。

銀セルガイア(レンゴー株)は、銀イオンを担持させたゼオライトをセルロース繊維に結晶化させたパルプ原料で消臭や抗菌などの機能を持っている。銀セルガイア紙(②)は乾燥重量で銀セルガイアと針葉樹パルプが1:1となるように量り取り<sup>1)</sup>、水を加えてミキサーで離解させた後にシートマシン抄紙機(熊谷理機工業株)で250×250mmのシートとした。備長炭不織布(③)は備長炭練込みレーヨン(オーミケンシ株)と銀系練込みPP/PE芯鞘繊維(宇部エクシモ株)を重量比1:1で量り取り、サンプルローラーカード機(有竹内製作所SSRC-420)でウェブを作製した後、多目的不織布製造装置(川之江造機株)の熱カレンダー部で加熱接着して不織布シート(950×300mm)とした。

マウスを使った動物試験では、前報では消臭紙をケージ内の床敷として利用した<sup>1)</sup>が、本報では消臭紙がマウスに触れない利用形態での消臭効果を確認するため、マウスへの刺激低減の目的でケージの外に被せるフィルターキャップ(日本クレア株)の骨格を利用して、消臭紙はフィルターキャップの上面を切り開いてその上に被せる形とし、試作した消臭紙を貼り合わせて355×255×50mmの五面体(一面開口の箱型)に加工した。

\* 1 (公財)えひめ産業振興財団 \* 2 星高製紙株式会社 \* 3 岡山理科大学獣医学部

この研究は、「ペット等関連産業参入支援事業」の予算で実施した。

愛媛県産業技術研究所業績第20号

加工及び設置状況を図1に示す。

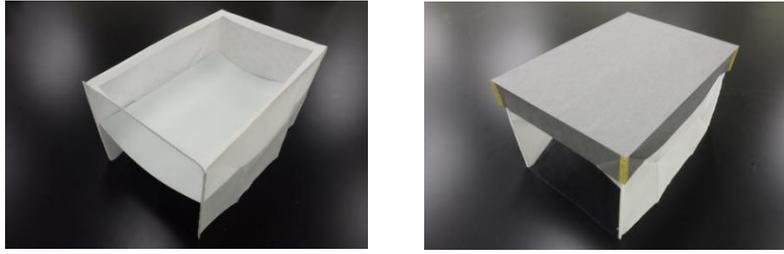


図1 加工状況（左：フィルターキャップ(上面開口) 右：活性炭紙設置状況）

## 2. 消臭紙の消臭性評価試験

消臭性能の評価は、10×10 cmの消臭紙サンプルを5 Lのテドラーバッグに入れて熱シールで密封し、シリンジを使って中の空気を吸い出した後、アンモニア標準ガス 100ppm を3 L注入し<sup>2)</sup>、23°Cの恒温室内で30、60、120分静置した時点のアンモニア濃度の経時変化を測定した。また、同じくアンモニア標準ガス 100ppm を2又は1 L注入し、23°Cの恒温室内で30分静置した時点のアンモニア濃度を測定した後、200mL容のシリンジを使って全量排出し、再びガスを注入→30分後測定を繰り返して消臭紙サンプルの消臭能力の変化（低下の度合い）を評価した。なお、アンモニア濃度の測定には気体採取器（㈱ガステック GV-100）とアンモニア検知管（㈱ガステック 検知管No.3L、3La）を使用した。

## 3. マウス飼育環境下におけるアンモニアの消臭評価

マウスの飼育は、恒温恒湿のマウス飼育室（室温 22.8～23.8°C、湿度 42.9～55.3%、自由食、12時間明暗周期(明期 7:00～19:00)）で、四つのPSFケージ（日本クレア(㈱)、W235×D353×H160mm）に、オスのマウス（日本エスエルシー(㈱) Slc:ICR）それぞれ5匹を入れ、1. で作製した消臭紙サンプルを設置し、図2のマウス飼育ラックで行った。

最初に全ケージにコントロール紙を設置して一週間調整飼育を行った後、四種類の消臭紙サンプルを各ケージに設置し、一週間毎に床敷を入れ換えると共に、他種の消臭紙サンプルに交換するということを繰り返し、最終的に各ケージで四種類の紙サンプル全ての環境下での飼育を実施した。動物実験状況を図3に示す。



図2 マウス飼育ラック



図3 動物実験状況（※最初の調整時(全ケージコントロール紙を設置)）

本環境下におけるアンモニア濃度の測定は、気体採取器（㈱ガステック GV-100）とアンモニア検知管（㈱ガステック 検知管No.3L、3M）を使用し、切換サイクル各一週間の中で、2日目(Day2)、4日目(Day4)、7日目(Day7)の計3回実施した。測定箇所は、ケージ手前側の紙サンプルを少し持ち上げ、検知管を一定の長さ（約11 cm）挿し込んだ給水瓶横の中央付近位置とした（図4）。



図4 アンモニア濃度測定位置

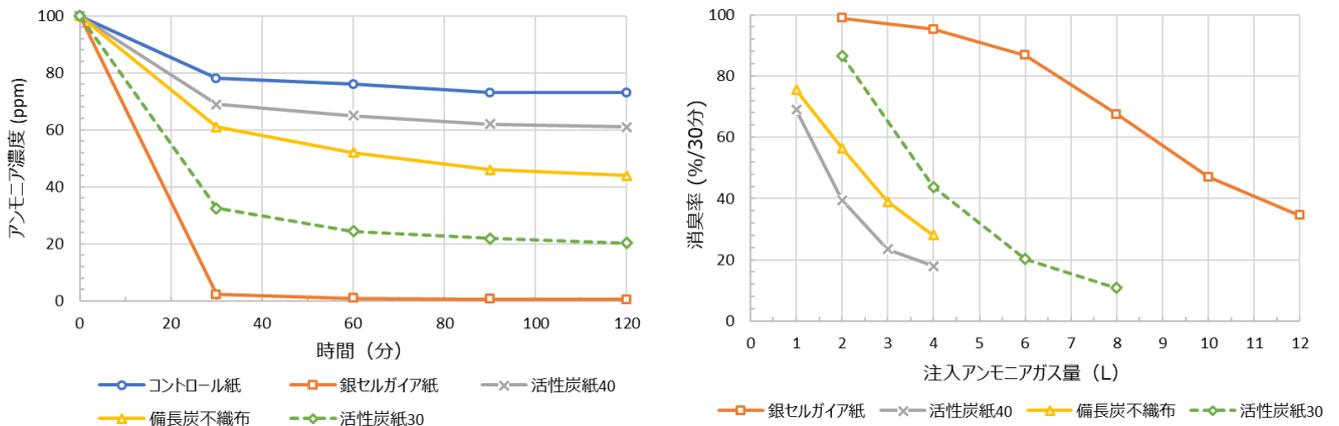
## 3. マウスへの影響の確認

マウスへの影響として、ストレス応答の指標となるコルチコステロン量の測定を実施するため、2の試験が終了した後、各ケージで最初の消臭紙サンプル種に戻り、2週間飼育（サンプルは1週間で同種の未使用のものに取替）した後に、全てのマウスについて採血のため断頭により安楽殺を行った。血液はヘパリン処理を行った後に遠心分離を行い、血漿を得た。得られた血漿からジエチルエーテルを用いてコルチコステロンを抽出した。血漿中コルチコステロン濃度（ストレスマーカー）は、競合法の原理を用いた酵素抗体法により測定を行った。反応には市販の2次抗体固相化プレート（ケイマンケミカル社）、抗コルチコステロン抗体（コスモ・バイオ㈱）、酵素標識コルチコステロン（コスモ・バイオ㈱）及び発色試薬として TMB（セラケア ライフサイエンス社）を用い、測定にはマイクロプレートリーダー（コロナ電気㈱ SH1300Lab）を用いた。（主波長 450 nm、副波長 600 nm）

## 結果と考察

### 1. 消臭紙の消臭性能評価

各消臭紙サンプルの消臭効果を評価した結果を図5に示す。



①アンモニアガス 3L に対する消臭効果      ②注入ガス量による開始 30 分の消臭率変化

図5 消臭紙のアンモニア消臭効果

図5①から、殆どのサンプルで消臭効果の約8割以上は最初の30分に発現していることが分かる。また、今回試作したサンプルでは、効果の高い順に銀セルガイア紙>備長炭不織布>活性炭紙40>コントロール紙となったが、活性炭紙は前報<sup>1)</sup>と大きな開きがあった。これは加工用にロール小巻から切り出す際に外側部から切り出したこと、また平判加工の際に、より汚染した空気に触れる可能性があったことが原因と推測された。そこで、確認のため別途保管していた別ロットの小巻サンプル（活性炭紙30（坪量30g/m<sup>2</sup>））を、数巻き内側から切り出して測定した所、概ね再現性が確認できた。これらのことから、特に活性炭紙については、加工時の雰囲気や保管環境など取扱いに十分留意する必要があることが分かった。

図5②は、各消臭紙の消臭効果の持続性を評価するために行った試験結果であるが、今回試作したサンプルでは、銀セルガイア紙以外は10×10cmでは性能低下が大きく、数Lで効果が半減することが分かり、本図は試作した消臭紙の処理量の大まかな目安として使えることが示唆された。

### 2. マウス飼育時のアンモニア低減効果

各消臭紙をマウスケージに設置し飼育した時のアンモニア濃度測定結果を表1及び図6に示す。

表1 飼育環境でのアンモニア濃度測定結果

表1 飼育環境でのアンモニア濃度測定結果					(単位: ppm)				
<b>Cage A</b>	コントロール紙(1)	銀セルガイア紙(2)	活性炭紙40(3)	備長炭不織布(4)	<b>Cage B</b>	コントロール紙(4)	銀セルガイア紙(1)	活性炭紙40(2)	備長炭不織布(3)
Day0	0.0	0.0	0.0	0.0	Day0	0.0	0.0	0.0	0.0
Day2	1.0	1.0	1.7	2.8	Day2	1.5	1.0	1.0	1.5
Day4	4.5	4.5	6.1	12.9	Day4	7.1	3.1	6.8	5.4
Day7	12.5	158.8	170.6	244.4	Day7	61.1	7.1	18.8	20.7
<b>Cage C</b>	コントロール紙(3)	銀セルガイア紙(4)	活性炭紙40(1)	備長炭不織布(2)	<b>Cage D</b>	コントロール紙(2)	銀セルガイア紙(3)	活性炭紙40(4)	備長炭不織布(1)
Day0	0.0	0.0	0.0	0.0	Day0	0.0	0.0	0.0	0.0
Day2	1.1	2.0	2.0	1.0	Day2	2.3	1.4	3.1	2.0
Day4	4.7	5.0	3.9	4.5	Day4	13.9	6.4	17.7	10.0
Day7	21.4	13.2	10.0	14.6	Day7	152.9	182.4	120.0	170.6

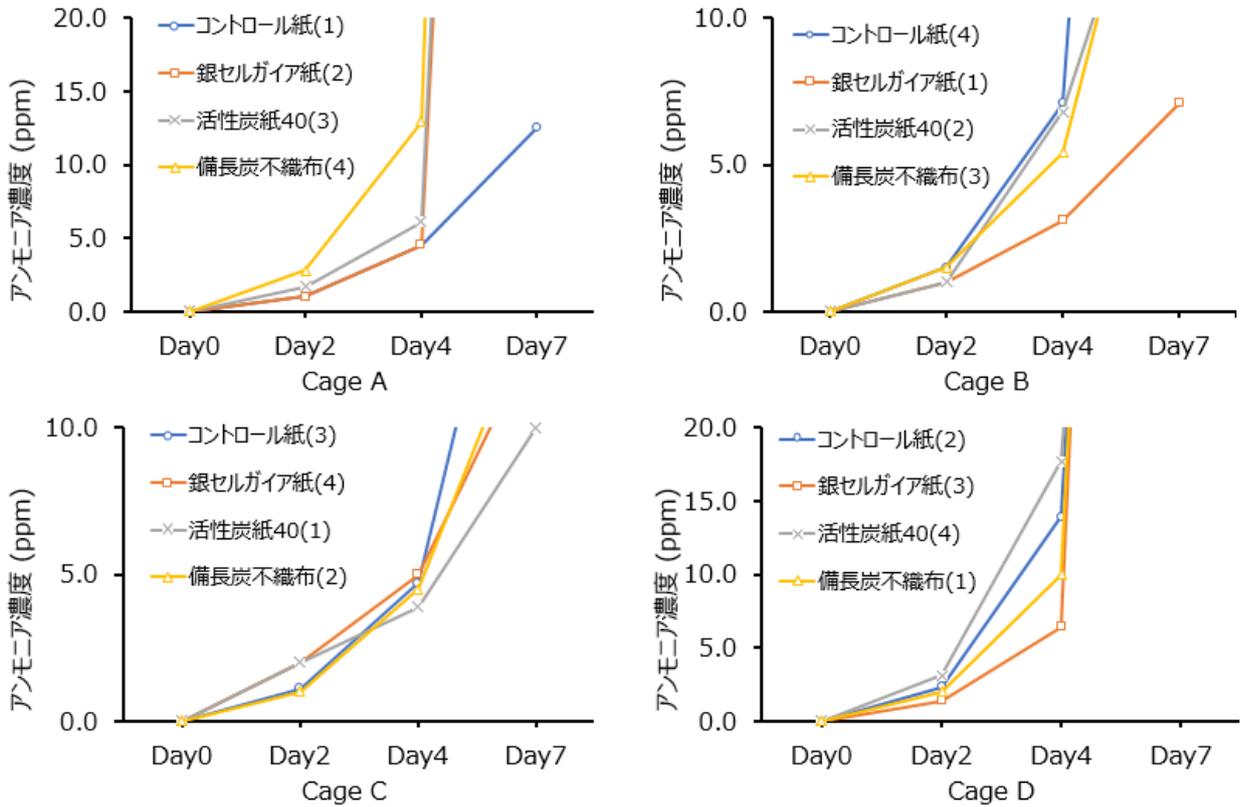


図6 飼育環境でのアンモニア濃度測定結果

表1、図6の紙サンプル名末尾の( )の中の数字は、それぞれのケージにおいて何週目の試験かを表している。ケージAとDで4日目以降のアンモニア濃度が高くなっており、特にケージDで顕著だが、ケージDは片側が飼育ラックの壁でやや暗い(図3)ため、夜行性のマウスが活発になっていることが原因と考えられる。

各ケージにおいて、早い週に実施したサンプルの方が、アンモニア濃度が若干低目に出る傾向が見られることから、試験期間中にマウスが成長したことによる排泄量の増加の影響が考えられたが、図7に示すように各期間(各週(Day0~Day7))における排泄物量は最大と最小で10~15%程度の差で、増加も右肩上がりという訳ではないため、今回のデータだけで一概には判断できない。なお、運動量が多いと思われるケージDの排泄物量は全期間で多かった。

以上を踏まえて同じケージで比較したときに、Day4まででみると銀セルガイア紙が最もアンモニア濃度の上昇を抑える効果があるように見受けられるが、1で実施したアンモニア標準ガスを使った紙自体のアンモニア吸着性能結果ほどの効果の差は出ないことが分かった。なお、実験者からはラックの扉を開けた際に感じる臭気は、フィルターキャップだけの時と比べると明らかに軽減していたとの意見が聞かれたことから、周辺環境改善に繋がるものへの応用の可能性は示唆された。

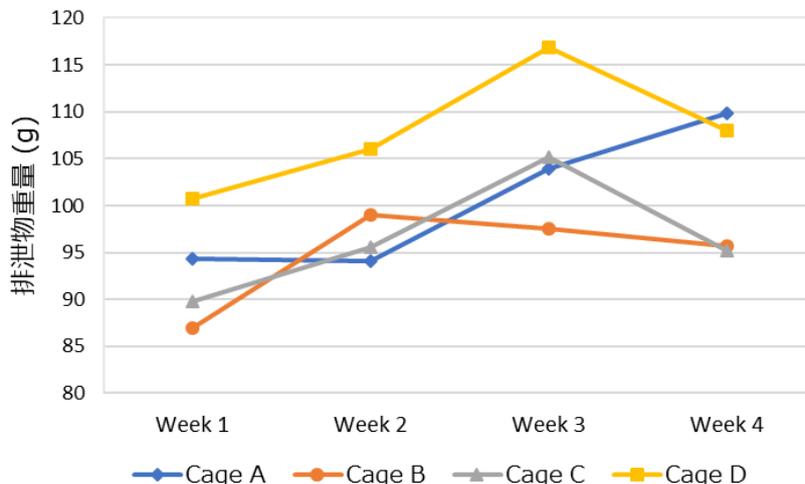


図7 各ケージにおける排泄物量の変化

### 3. マウスへの影響

マウスの血漿中のコルチコステロン濃度（ストレスマーカー）の測定結果を図8に示す。

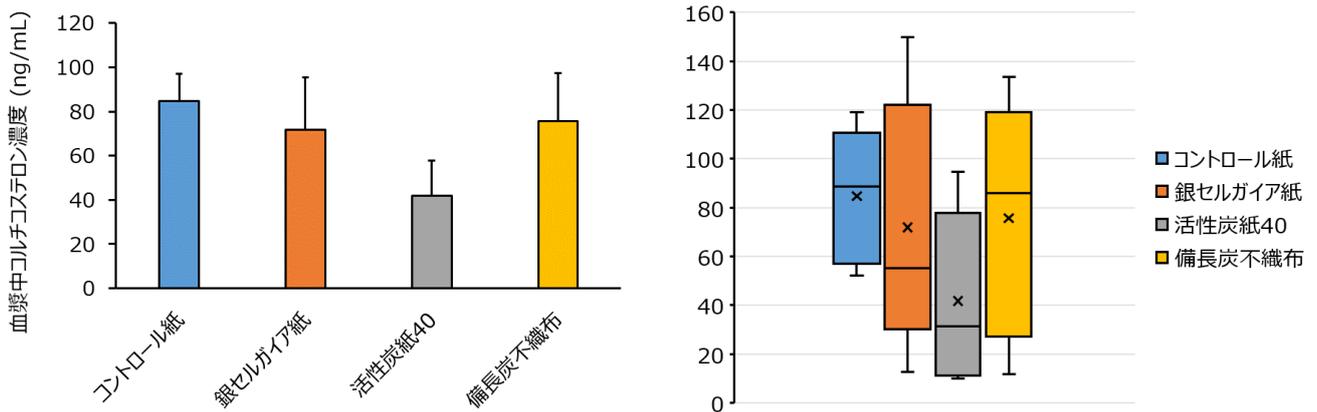


図8 コルチコステロン濃度測定結果（左：平均値と標準誤差 右：箱ひげ図）

コルチコステロンの測定結果は、同一ケージ内でもバラつきが大きく、また、2. のアンモニア濃度測定結果との相関は見られず、マウスへの影響を正確に評価する事はできないが、箱ひげ図（図8右）から、活性炭紙で低い傾向にあること、銀セルゲイア紙、備長炭不織布で個体差が大きくなっていることが見て取れる。

なお、コルチコステロン濃度は通常 80~110ng/mL のレベルであることが知られているが、その基準からすると、今回の実験では、コントロール紙では概ね範囲内であるのに対し、その他の紙（消臭機能あり）ではかなり低い個体が複数確認されており、これが偶然なのか若しくは何らかの要因があるのかは、再現性の確認等の追加試験が必要である。

## ま と め

ペット用消臭紙に関する試験を行い、以下の結果を得た。

1. 消臭紙のアンモニア標準ガスを用いた消臭試験では、効果の高い順に銀セルゲイア紙 > (活性炭 30) > 備長炭不織布 > 活性炭紙 40 となり、活性炭紙については、加工時の雰囲気や保管環境等により、性能低下が生じる可能性が高いことが分かった。
2. マウス飼育環境下でのアンモニア濃度は、開始4日後までで見ると、銀セルゲイア紙が最もアンモニア濃度上昇を抑える傾向があったが、紙自体の吸着性能差ほどの違いは見られなかった。
3. ストレスマーカー測定結果とアンモニア濃度測定結果との相関は見られなかった。
4. 動物への消臭紙の効果を正確に評価するのは難しいことが分かったが、周囲への臭気軽減は確認できた。

## 文 献

- 1) 明賀久弥, 續木康広, 野原正勝, 佐伯香織：ペット用消臭紙に適した素材の検討, 愛媛県産業技術研究所研究報告, 60, p.100-103 (2022).
- 2) SKE マーク繊維製品認定基準(JEC301), ((一社)繊維評価技術協議会)p.18-20(2012).

# UV 殺菌・超高压殺菌技術に適応した包装資材

續木康広 渡邊雅也 藤本真人

Package materials for UV-LED and ultra-high pressure sterilization

TSUZUKI Yasuhiro, WATANABE Masaya and FUJIMOTO Manato

県内食品産業の海外展開や販路開拓を支援するため、UV-LED 技術及び超高压技術を用いた食品の消費・賞味期限の延長技術を開発する一環として、本研究では、UV-LED 殺菌技術及び超高压殺菌技術にそれぞれ適応した包装資材について検討した。

UV 殺菌技術では、目的となる紫外線波長（280nm）を透過するとともに、ガスバリア性に優れたフィルム素材を検討した結果、2軸延伸ナイロン/ポリエチレンフィルムを用いることで、紫外線透過性とガスバリア性を両立できることを明らかにした。また、超高压殺菌技術では、柑橘を高圧処理した際の香気成分について評価した結果、エチレンビニルアルコール共重合体フィルムを用いることで、柑橘の香りの吸着を抑制することができた。

キーワード：UV-LED 殺菌、超高压殺菌、ガスバリア性

## はじめに

コロナ禍や人口減少などにより国内における食品市場が低迷する中、県内食品業界からは、海外展開や販路開拓の強化が望まれている。しかしながら、海外展開や新規販路の開拓においては、従来よりも長期間の消費・賞味期限の保証が必要となる。

そこで、県内企業の商機・販路を拡大し、国際競争力を強化するため、UV-LED 技術及び超高压技術を用いた食品の消費・賞味期限の延長技術の開発を行っている。

本研究では、UV-LED 技術及び超高压技術を用いた食品の消費・賞味期限の延長技術の一環として、UV-LED 殺菌技術及び超高压殺菌技術に適応した包装資材について検討した。

UV-LED 技術を用いた消費・賞味期限延長技術では、食材への深紫外線（280nm）の照射による非加熱の殺菌を目的とし、当該紫外線を透過しつつ、ガスバリア性に優れたフィルム素材を検討した。また、超高压技術を応用した消費・賞味期限延長技術では、柑橘への超高压処理による非加熱殺菌を目指し、高圧処理時におけるフィルム素材の香気成分への影響を調査した。

## 実験方法

### 1. UV-LED 殺菌技術

#### (1) 素材の検討

紫外線透過及びガスバリア性を有する素材の探索として、ポリエチレンテレフタレート（PET）、2軸延伸ポリプロピレン（OPP）、2軸延伸ナイロン/ポリエチレン（ONY/PE）製フィルムについて、紫外線透過率と酸素ガス透過度を測定した。

紫外線透過率測定には、分光光度計（日本分光製 V-570）を用い波長範囲 200～400nm で測定を行った。酸素ガス透過度の測定には、ガス透過度試験機（GTR テック製 GTR-11AET）を用いた。

#### (2) 殺菌効果試験

紫外線透過率の異なる素材のフィルムについて、殺菌試験に与える影響を調査した。滅菌シャーレに未殺菌の河内晩柑果汁を約 15ml 分取し、シャーレ上部をフィルムで覆い、紫外線照射装置（東芝ライテック製）を用いて、表 1 の条件

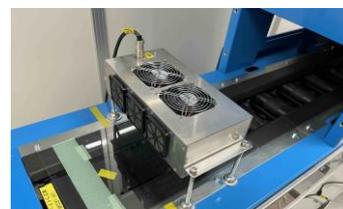


写真1 紫外線照射装置

この研究は、「令和4-6年度戦略的試験研究事業（えひめ食品賞味期限延長技術開発事業）」の予算で実施した。

で紫外線を照射した。紫外線照射装置は、ベルトコンベアー(榊横崎製作所製)上に設置(写真1)し、0.3m/min、照射照度 132mJ/cm<sup>2</sup> で、試料を2回又は8回通過させた後、果汁の一般生菌数を測定し、殺菌率を算出した。

表1 紫外線照射条件

照射波長 (nm)	照射回数	積算照射エネルギー (mJ/cm <sup>2</sup> )
280	2	264
280	8	1056

### (3) 紫外線透過率調整フィルムの試作

ONY と PE フィルムを積層し、紫外線透過率の異なるフィルムを試作した。

ONY と PE を熱カレンダーを用い熱接着させることで、表2の構成のフィルムを試作した。試作したフィルムは、分光光度計を用い、波長域 200~400nm の紫外線透過率測定を行った。

表2 試作フィルム

	ナイロン積層	構成	ナイロン層(μm)
No.1	単層	ONY/PE	15
No.2	2層	ONY/PE/ONY	30
No.3	3層	ONY/PE/ONY/PE/ONY	45

## 2. 超高压殺菌技術

PET、PP、エチレンビニルアルコール共重合体 (EVOH) について、超高压処理における柑橘の香り成分への影響を評価するため、柑橘の香り成分としてリモネンを用い超高压処理時の各フィルムへのリモネン吸着量を評価した。各フィルムを 10cm 角に2枚ずつ切り出し、ヒートシールで3辺を接着した後、0.5wt% に調製したリモネン/エタノール溶液 30ml を注入し、ヒートシールで密封した。

リモネン/エタノール溶液をパックしたサンプルを、さらにレトルトパックに入れて密封し、超高压殺菌装置(榊神戸製鋼社製 Dr.CHEF)を用いて表3の条件で処理を行った。先行文献<sup>3)</sup>を参考に超高压処理に用いる圧力条件は、カビや細菌の殺菌が可能とされる 400MPa、10min 及び短時間処理を目的とした 600MPa、3min とした。

処理後のサンプルからリモネン/エタノール溶液を取り出し、ガスクロマトグラフ質量分析計(日本電子(株)社製 JMS-Q1500GC)を用いて、表4の条件でリモネン濃度を測定した。



写真2 超高压殺菌装置

表3 高圧処理条件

処理圧力 (MPa)	処理時間 (min)	温度 (°C)
400	10	10
600	3	10

表4 ガスクロマトグラフ質量分析計条件

カラム	DB-5MS UI (30m×0.25 i.d.、film thickness 0.25μm)
カラム温度	50°C~300°C、昇温 10°C/min
キャリアガス	He
スプリット比	1 : 20
注入量	1 μl
注入温度	250°C
イオン源	250°C
イオン化電圧	70eV
イオン化法	EI

## 結果と考察

### 1. UV-LED 殺菌技術

PET、OPP、ONY /PE フィルムについて、200～400nm の紫外線透過率を測定した結果を図 1 に示す。

分光光度計による紫外線透過率の測定結果から、紫外線透過率は、 $OPP > ONY/PE > PET$  であった。OPP フィルムは、240～400nm において、紫外線透過率が約 90% であり、PET フィルムでは、330nm 付近から吸収が始まり、310nm で透過率は 1% 以下となった。また、ONY /PE では、310nm 付近から紫外線透過率の低下が始まり、280nm では、透過率が約 70%、230nm 付近では 1% 以下となった。PE は、PP と同じく分子構造が炭素と水素のみから構成されており、紫外線透過率が高いと考えられるため、ONY/PE の紫外線透過率は ONY の影響が大きいものと推測される。

表 5 に示す酸素ガス透過度測定の結果から、酸素ガス透過度は  $PET > ONY/PE > OPP$  であった。ONY/PE フィルムにおいて、文献<sup>1)</sup> から PE の酸素ガス透過度は  $10,000 \text{ cc}/(\text{m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm})$  であり、十分に大きいことから、ONY/PE フィルムの酸素ガス透過度は ONY に由来するものと推測される。

これらの結果から、ONY/PE フィルムでは、使用する ONY フィルムを工夫することで、紫外線透過率及び酸素ガス透過度を調節することが可能であると考えられる。

表 5 各フィルムの酸素ガス透過度

フィルム	酸素ガス透過度 ( $\text{cc}/(\text{m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm})$ )
PET	10
ONY/PE	60
OPP	2000

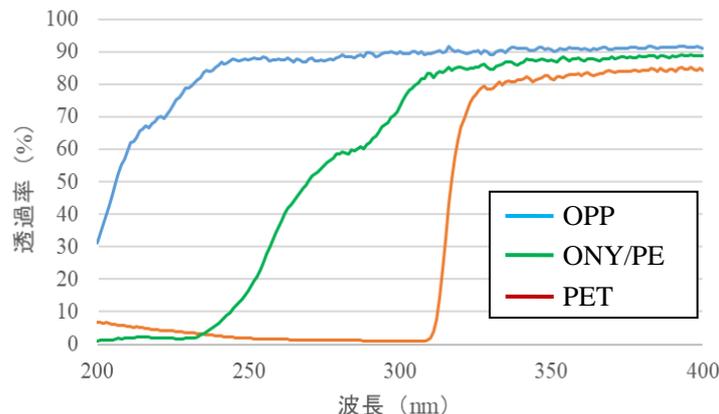


図 1 各フィルムの紫外線透過率

次に、各フィルムを用いた殺菌効果試験の結果を図 2 に示す。結果から照射エネルギーが低い 2 回照射において、OPP フィルムではフィルム無しの場合と同程度の殺菌効果が得られたのに対して、280nm の紫外線透過率が約 60% の ONY/PE フィルムでは、フィルム無しの場合と比較して、殺菌率が約 70% に低下した。紫外線透過率が 1% 以下の PET フィルムでは、殺菌率が 10% 以下となった。

また、照射エネルギーが高い 8 回照射においては、ONY/PE フィルムは OPP フィルムと同程度の殺菌率が得られ、PET フィルムではわずかに殺菌率が向上した。

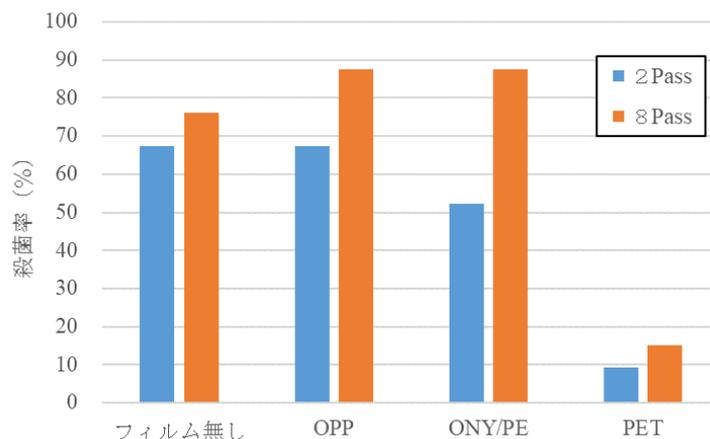


図 2 各フィルムの殺菌率

なお、8回照射において、フィルム無しのサンプルよりも OPP、ONY/PE フィルムの殺菌率が高くなった。この原因としては、サンプルが紫外線殺菌装置を通過する際に落下菌のコンタミネーションがあったと考えられる。

図3に、280nmの紫外線透過率と殺菌率の関係を示す。結果から、2回照射は紫外線透過率が0~90%の範囲において、紫外線透過率と殺菌率に相関が見られた。対して、8回照射では、紫外線透過率と殺菌率との間に相関が認められず、紫外線透過率が100%より十分低い紫外線透過率60%において、高い殺菌効果が確認された。このことから、特に照射回数の少ない場合においては、フィルムの紫外線透過率に注意する必要があることがわかった。

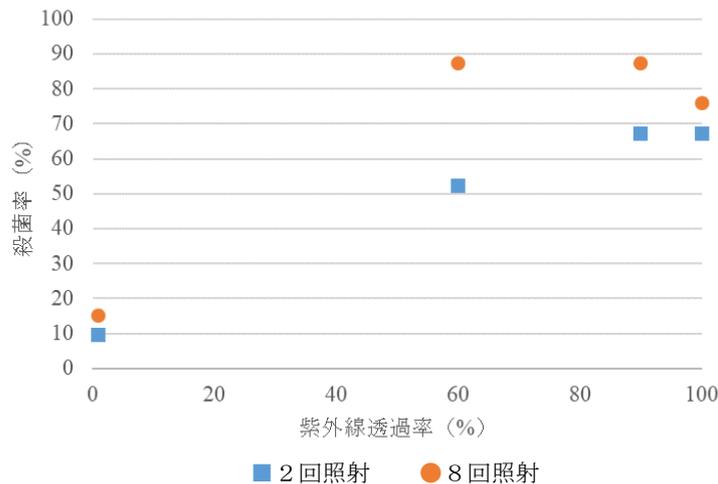


図3 フィルムの紫外線透過率と殺菌率

ONYとPEフィルムを積層し、試作したフィルムの紫外線透過率を図4に示す。結果から、紫外線透過率とONY層の厚さには相関がみられ、ONY層の厚さを変化させることで、紫外線透過率を調節することが可能であった。

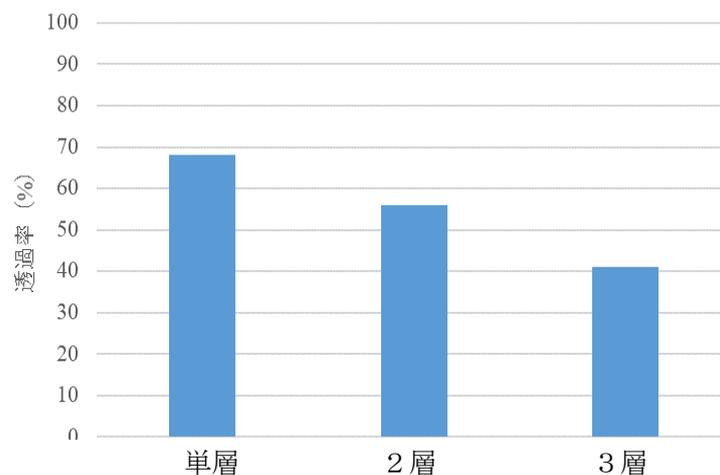


図4 ONY積層数と紫外線透過率

## 2. 超高压殺菌技術

PP、PET、EVOHフィルムでパックしたリモネン/エタノール溶液の超高压処理後のリモネン濃度を図5に示す。結果から、PETフィルム及びEVOHでパックしたサンプルでは、400MPa、10min及び600MPa、3minの条件において、高压処理の前後でリモネンの濃度に大きな変化は見られなかった。

PPフィルムにおいては、常圧でパックしたサンプルはリモネン濃度の低下が見られた。PPなどのオレフィン系の樹脂は、リモネンを吸着することが知られており<sup>2)</sup>、今回の結果とも一致している。しかしながら、超高压処理を行ったPPのサンプルでは、リモネンの吸着が低くなる傾向が見られ、詳細について今後調査する必要がある。

これらのことから、超高压殺菌技術において、PETフィルムやEVOHフィルムを用いることで、柑橘の香

気成分の吸着を抑制することができた。

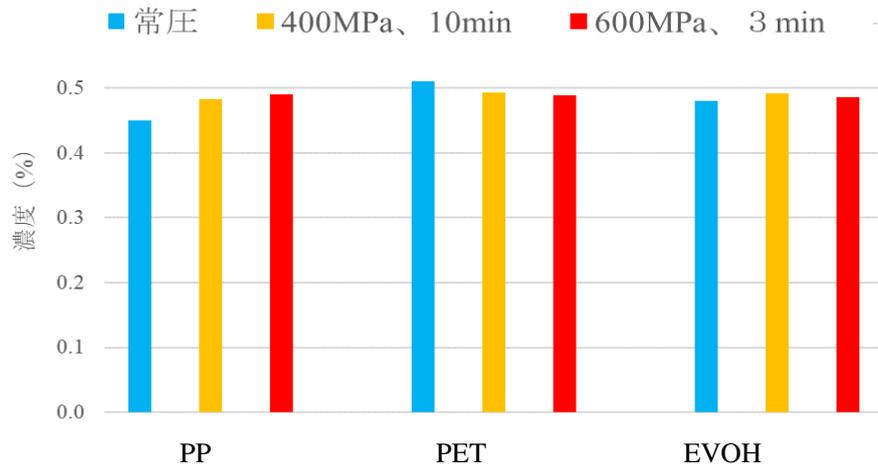


図5 超高压殺菌における各種フィルムへのリモネン吸着の影響

## ま と め

UV-LED 及び超高压殺菌技術に適用できるフィルム素材について検討し、以下の知見を得た。

1. UV-LED 殺菌技術において、ONY/PE フィルムを用いることで、殺菌効果と酸素ガス透過度の両立が可能であった。また、ONY/PE フィルムの ONY 層の厚さを変えることで、紫外線透過率を調節できた。
2. 超高压殺菌技術において、PET フィルムや EVOH フィルムを用いることで、柑橘の香気成分の吸着を抑制することができた。

### 参考文献

- 1) 猪狩恭一郎: ガスバリアーフィルム, 繊維機械学会誌, Vol.55, No.12, 18-24(2002).
- 2) 下田満哉, 二反田貴浩, 門田直明, 太田英明, 末綱邦男, 箆島豊: 温州ミカン果汁の香気プラスチックフィルムによる吸着, 日本食品分析工業学会誌, Vol.31, No.11, 697-703(1984).
- 3) 伊福靖, 高橋保男: わが国における温州ミカンの荷重加工と超高压殺菌, 高压力の化学と技術, Vol. 2, No. 4, 321-327(1993).

# 砥部焼への QR コード導入技術の開発

首藤喬一 雁木邦之

Development of QR code introduction technology for tobe-ware

SUTOU Kyoichi and GANGI Kuniyuki

砥部焼自体に情報という新たな価値を付与するため、パッド印刷機による下絵転写及びセラミックトナープリンタによる上絵転写を用いて、陶磁器に QR コード（QR コードは、(株)デンソーウェーブの登録商標です。）を導入する技術を検討した。下絵転写では、手描き用市販呉須からパッド印刷機に使用するインクを調整し、転写、施釉、焼成後に最小 15mm のコードの読み取り確認ができた。上絵転写では、最小 10mm の QR コードの読み取りが確認でき、明暗反転にも対応できることが分かった。

キーワード：砥部焼、QR コード、下絵転写、上絵転写

## はじめに

スマートフォンや SNS の普及により、陶磁器業界を含む多くの業界にとって Web を活用した情報提供が重要になっている。また、新型コロナウイルス感染症の影響により、一般客を対象とした砥部焼業界の対面型ビジネスは、非対面型ビジネスへの転換が急速に進んでいる。

そこで、砥部焼自体に情報という新たな価値を付与するため、QR コードを陶磁器に導入する技術の検討を行ったので報告する。

## 実験方法

### 1. パッド印刷機による QR コードの下絵印刷試験

#### (1)市販呉須からのパッド印刷用インクの調整

手描き用市販呉須にグリセリンや各種糖類を添加してパッド印刷機用のインクを調整し、テストピースに印刷を行った。パッド印刷に使用する版は、本焼後寸法が約 15mm、20mm 角となるよう 16.5mm、22mm 角とし、中央に窯元のマークを入れることを想定し、愛媛県のキャラクター「みきゃん」の顔を配置した。作成した QR コードを図 1 に示す。パッド印刷は、パッド印刷機（株ミノグループ製、Turbo90）を使用し、1 回または 2 回印刷を行った。印刷した QR コードは、実体顕微鏡（株ニコン製、SMZ18）で観察、読み取り確認は iPhone Xs（カメラ 1200 万画素）及び iPad（第 6 世代、カメラ 800 万画素）を使用し、Google レンズ及びコードリーダーアプリにて行い、試験体から 50mm～200mm の距離を 2 往復する間に読み取れるかどうかで判定した。以降の読み取り確認も同様の条件とした。



図 1 作成した QR コード

#### (2) 施釉・焼成試験

16.5mm の QR コードをパッド印刷したテストピースには透明釉、22mm の QR コードをパッド印刷したテストピ

ースには青磁釉を施釉後還元焼成し、読み取り確認を行った。また、光断層トログラフイー (santec(株)製、IVS-300) を使用し、釉薬の屈折率を 1.5 とし、釉薬の厚みを確認した。

## 2. セラミックトナープリンタによる QR コードの上絵印刷試験

### (1) 上絵印刷試験

作成した QR コードデータを、セラミックトナープリンタ (株)サンリュウ製) を用い 8~20mm 角の QR コード上絵転写シートを作製した。これを本焼テストピースに上絵転写して 900℃ で上絵焼成し、読み取り可能な最小サイズの確認を行った。

### (2) 色見本の作製

画像作成ソフトイラストレーターを用い、砥部焼に使用される呉須の色を想定した色見本の作製のため、陶板に上絵転写及び焼成した。

### (3) 色釉薬への QR コード導入

黒マット、コバルトブルーの釉薬を調整し、黄、緑、赤、青、橙、鶯色の 15mm、20mm の QR コードを上絵転写及び焼成し、読み取り確認を行った。

## 結果と考察

### 1. パッド印刷機による QR コードの下絵印刷試験

#### (1) 市販呉須からのパッド印刷用インクの調整

砥部焼は手作り手描きのため大量生産しない産地であり、パッド印刷機用インクを特注すると使用量に対してコストが高くなる。また、下絵印刷する QR コードは、下絵付けの色と合わせると統一感を持たせられるが、呉須の色を独自に調整している窯元では、同色のパッド印刷用インクが市販されていない可能性があるため、各窯元の呉須からパッド印刷機用インクを調整することを想定し、当センターで使用している市販呉須を用いてパッド印刷機用インクの調整を試みた。

調整には、シリコンパッドには撥水性があること、インクにはある程度の粘性が必要であること、素焼に印刷した後に施釉できること、安価で容易に入手可能な材料であることの 4 点を考慮した。グリセリンや各種糖類を使用し添加量や添加方法の検討を行ったところ、練り状の市販呉須 2 に対し、グリセリン 1、単糖類または二糖類 1 を添加して混合し、適当な粘度になるまで乾燥機で乾燥させる方法が簡便に作製でき、素焼に良好に印刷することができた。市販呉須から調整したインクでパッド印刷した 16.5mm の QR コードを写真 1 に示す。QR コード及びみきゃんの図柄が鮮明に印刷されていることが分かる。また、乾燥した粉末の呉須に増粘物質を添加した場合、粘性が高くなり混合しにくいこと、ミル等を用いた場合回収に手間がかかることから、水分を含んだ練り状の呉須から調整し、乾燥させる方がよいと考えられた。

また、素焼表面を軽く乾拭きし、素焼粉末がごく少量シリコンパッドに付着した状態の方が鮮明に印刷できることが分かった。



写真 1 市販呉須から調整したインクでパッド印刷した QR コード

#### (2) 施釉・焼成試験

陶板に 16.5mm の QR コードを 1 回及び 2 回押しし、自然乾燥した陶板、100℃ 乾燥した陶板、500℃ 焼成した陶板の 3 種類に透明釉を施釉し還元焼成したところ、500℃ 焼成した陶板の QR コードの読み取り精度が高く、1 回押し 2 回押し、釉厚 0.15-0.2mm の場合、いずれも読み取ることができ、焼成後寸法 15mm の QR コードが導入できることが分かった。自然乾燥、100℃ 乾燥の場合、2 回押しよりも 1 回押しの方が読み取りやすい傾向があり、釉厚 0.15mm よ

りも 0.2mm の方が読み取りやすい傾向がみられた。1 回押しと 2 回押しした素焼への QR コードを写真 2 に、施釉、焼成後の QR コードを写真 3 に示す。また、焼成後の釉厚 0.15mm と 0.2mm の QR コードを写真 4 に示す。

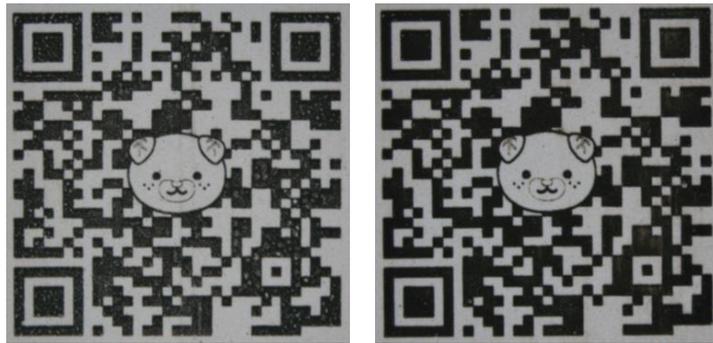


写真 2 素焼（左：1 回押し、右：2 回押し）

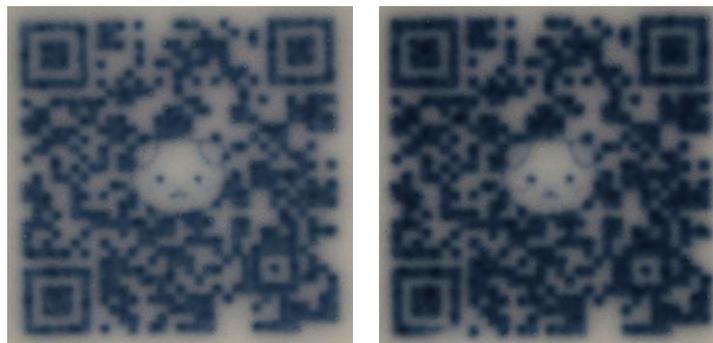


写真 3 焼成後（左：1 回押し、右：2 回押し）

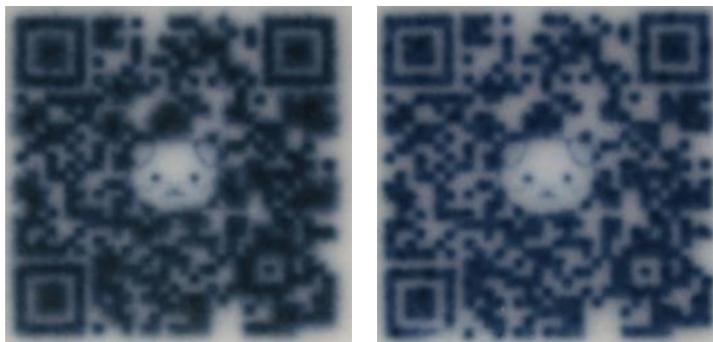


写真 4 焼成後（左：釉厚 0.15mm、右：釉厚 0.2mm）

1 回押しでは完全にインクが乗り切らない部分があり、2 回押しの方が印刷後の QR コードが鮮明に見え、釉薬を薄くした方が溶けた釉薬中への滲みや気泡の影響を抑えることができると予想したが、いずれも逆の傾向となった。押し回数については、溶けた釉薬中への滲みが 1 回押しで乗り切らなかった部分をある程度カバーし、2 回押しでは 1 回押しよりもインク量が多く滲みも多くなるためと考えられる。釉薬の厚みについては明確な理由は思いつかないが、薄かけの場合はインクの有無でかかる釉薬の厚みが異なり、焼成後の表面が若干凸凹することが関係していると思われる。

次に、透過する程度の色がついた釉薬として青磁釉薬の試験を行った。本焼後の写真 5 に示す。



写真5 青磁釉薬

写真は実体顕微鏡のライトの具合で白く見えるが、22mmのQRコードを1回及び2回押しし、乾燥後青磁釉薬を施釉し還元焼成を行ったところ、釉厚0.25-0.4mmの場合、いずれも読み取ることができ、焼成後寸法20mmのQRコードであれば特別な注意を払うことなく導入できることが分かった。

上記の結果をもとに、玉縁鉢、そば猪口の素焼に下絵付けを行い、16.5mmのQRコードを1回押しし、施釉後焼成した試作品を写真6に示す。



写真6 下絵印刷試作品

いずれの試作品とも下絵付けの色と合ったQRコードが導入でき、iPhone及びiPadともにGoogleレンズ及びコードリーダーアプリで問題なく読み取り可能であった。

## 2. セラミックトナープリンタによるQRコードの上絵印刷試験

### (1)上絵印刷試験

呉須をイメージした藍色のQRコードを8、10、13、15、20mmのサイズに上絵印刷したテストピースを写真7示す。

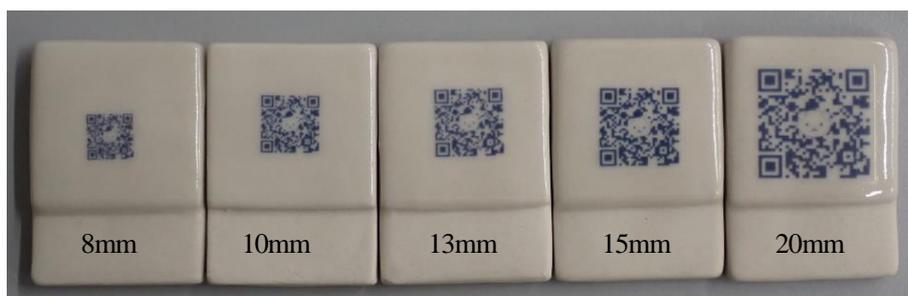


写真7 上絵印刷テストピース

iPhone及びiPadともにGoogleレンズ及びコードリーダーアプリいずれも10mmまでは容易に読み取りができ、8mm

では読み取れなかった。

(2)色見本の作成

砥部焼で使用される呉須の色を想定して、呉須の濃さや色合いの色見本の陶板を写真8に示す。各色は CMKY 別に数値化しており、これをもとに希望する色に調整することが可能である。



写真8 色見本陶板

(3)色釉薬への QR コード導入

QR コードは明暗反転が可能なることから、黒マット、コバルトブルー等の濃い色の釉薬よりも明るい色を印刷し、読み取りの可能性について検討を行った。元の色を参考に透明釉に上絵転写したものを写真9、黒マットとコバルトブルーの釉薬に上絵転写したものをそれぞれ写真10と11に示す。上部の15mmのコードは、左から不透明度を100、80、70、60、50、40、30%とし、下部の20mmのコードは、左から不透明度が100、70、60、50、40、30%とし、右にいくにつれ印刷濃度を薄めた。

透明釉では、緑、青、赤色が不透明度を100%から40%までが読み取り可能で、鶯色は100%のときのみ読み取れた。黄、橙色は読み取れなかった。

黒マット、コバルトブルーでは、黄、緑、橙色は100%から40%までが読み取り可能であったが全て黄色く発色し、橙色が最も明るく鮮明に印刷できた。青、赤、鶯色は、100%のみ読み取れる場合があるが、鮮明ではないため実用的ではないと思われた。



写真9 透明釉薬

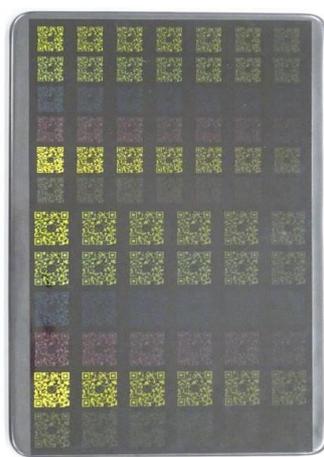


写真10 黒マット釉薬

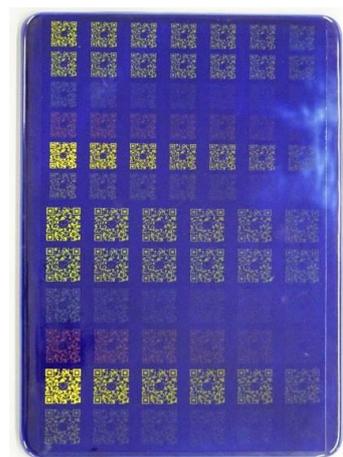


写真11 コバルトブルー釉薬

(15mm、20mm のコードについて、上から、黄、緑、青、赤、橙、鶯色)

上記の結果をもとに、透明釉薬のそば猪口には藍色の10mmのQRコードを、コバルトブルー釉薬のコーヒーカップには黄色の15mmのQRコードを導入した試作品を写真12に示す。いずれも Google レンズ及びコードリーダーアプリで問題なく読み取り可能であった。



写真 12 下絵印刷試作品

## ま と め

QR コードを陶磁器に導入する技術の検討を行い、以下の結果を得た。

1. 練り状の市販呉須に、グリセリンと単糖類または二糖類を添加して混合し、適当な粘度になるまで乾燥機で乾燥させる方法でパッド印刷機用インクが作製でき、素焼に良好に印刷することができた。
2. セラミックトナーによる上絵印刷では、薄い色の釉薬に濃い色を転写する場合は赤、緑、青色など様々な色表現ができるが、濃い色の釉薬に薄い色を転写する場合は黄色系の表現に限られることが分かった。
3. パッド印刷による下絵転写では 15mm、セラミックトナープリンタによる上絵転写では 10mm で読み取り可能なコードが導入できた。

# 吸放湿性と脱臭機能を持ついぶし瓦タイル開発（第一報）

雁木邦之 首藤喬一

## Development of smoked roof tiles with moisture absorbing and deodorizing properties (Part1)

GANGI Kuniyuki and SUTOU Kyoichi

機能性を持つ内装用いぶし瓦タイルの開発を目的に、瓦土に、水酸化アルミニウムまたは、稚内珪藻土を配合することで、タイルに吸放湿性と脱臭機能の付与を検討した。いぶし処理した 800℃焼成体の吸湿量は、水酸化アルミニウムを 30%配合したものが大きくなり、温度が 23℃の条件で、湿度を 50%から 70%に変化させた際に 107g/m<sup>2</sup>吸湿し、脱臭機能については、100ppm のアンモニアガスを、120 分で 2ppm 以下に低下したことから、いぶし瓦タイルに吸放湿性と脱臭機能を付与することができた。

キーワード：いぶし瓦、吸放湿、脱臭

## はじめに

金属瓦などの軽量な屋根素材の普及により、全国的にいぶし瓦需要は低迷している。そのため、菊間瓦産地においては、いぶし窯でいぶすことにより形成される銀色の炭素膜を意匠として利用し、内装用タイルなどのインテリア商品の開発を行っているが、更なる需要拡大には、快適性が向上する機能等の付加価値を持たせることが必要である。

そこで、本研究では、瓦タイルに吸放湿性と脱臭機能を付与した瓦タイルの高機能化を図ったので、報告する。

## 実験方法

### 1. 機能性いぶしタイルの試作

試験体は、菊間瓦工業組合製瓦土（以下、瓦土）100%のもの、瓦土に水酸化アルミニウムを 30%配合したもの、瓦土に稚内珪藻土を 30%配合したものの 3 種類用意し、それぞれ酸化焼成した。焼成条件は、マッフル炉（アズワン 株製 HPM-2N）を用いて、最高温度を 700℃～1000℃まで 100℃毎 4 段階とし、保持時間 1 時間とした。

次に、酸化焼成後にいぶし処理した試験体としては、瓦土 100%のもの、瓦土に水酸化アルミニウムを 30%配合したもの、瓦土に稚内珪藻土 30%配合したものの 3 条件、試験体の表面に珪目粘土塗布したもの、なにも塗布していないものの 2 条件の組み合わせで計 6 種類を用意した。焼成条件は、ベンチュリーバーナー式いぶし窯（高砂工業株製 0.4m<sup>3</sup>）を用いて、いぶし処理ができる下限付近の温度である最高温度 800℃、保持時間 1 時間で酸化焼成後、20 分間工業用ブタンガスを用いていぶし処理を行った。

### 2. 機能性評価試験

#### (1)吸放湿性試験

10cm×10cm の試験片を、恒温恒湿器（エスペック（株）製 PL-3KPH）内で温度を 23℃に一定で、湿度を 50%から 70%、70%から 50%に、24 時間ごとに繰り返し変化させて、重量を測定し吸湿性を評価した。

#### (2)脱臭試験

5cm×5cm の試験片を 5L のガスバッグに入れ、切口をシールした後、アンモニア標準ガス（97.2ppm）を 3L 導入し、30 分、60 分、120 分、180 分経過時のアンモニア濃度を測定した。検知管は、（株）ガステック製 No. 3L、No. 3La を用いた。

#### (3)機械的強度試験

幅 10mm、長さ 70mm、厚さ 5mm の焼成した試験体について、卓上型精密万能試験機（（株）島津製作所製 AGS-5kNX）を用いて、支点間距離 40mm、圧子の半径 2mm、試験速度 1mm/min の条件で 3 点曲げ試験を行い、焼成体の最大応力を測定した。

この研究は、「機能性と意匠性を両立したいぶし瓦タイルの開発研究」の予算で実施した。

## 結果と考察

### 1. 機能性いぶしタイトルの試作

焼成体の作製条件を表1に示す。

表1 焼成体の作製条件

焼成雰囲気	原料	塗布鉱物	最高温度 (°C)
酸化焼成	瓦土 100%	なし	700
			800
			900
			1000
	水酸化アルミニウム 30%配合瓦土	なし	700
			800
			900
			1000
	稚内珪藻土 30%配合瓦土	なし	700
			800
			900
			1000
酸化焼成後 いぶし処理	瓦土 100%	なし	800
		蛙目粘土	800
	水酸化アルミニウム 30%配合瓦土	なし	800
		蛙目粘土	800
	稚内珪藻土 30%配合瓦土	なし	800
		蛙目粘土	800

### 2. 機能性評価試験

#### (1) 吸放湿性試験

図1に瓦土の焼成体、図2に瓦土に水酸化アルミニウムを配合した焼成体、図3に稚内珪藻土を配合した焼成体の吸放湿性試験の結果を示す。図1の1000°Cで焼成した瓦土のみの焼成体以外は、湿度の変化に応じて吸湿量が増減していることから、吸放湿性が確認された。図4に原料が異なる焼成体の焼成温度別の24時間経過後の吸湿量の比較を示す。いずれの試験体も低温で焼成するほど、吸湿量が増加している。また、同じ焼成温度での吸湿量を比較すると、水酸化アルミニウムを配合した焼成体が最も多く、次に稚内珪藻土を配合した試料が多くなっている。稚内珪藻土を配合した焼成体の吸湿量は、焼成温度が900°Cと比較して1000°Cのとき61.9%低下しているが、これは、珪藻土に含まれるクリストバライトの溶解<sup>2)</sup>が原因であると考えられる。焼成温度が700°Cのとき、瓦土焼成体と比較して、水酸化アルミニウムを配合した焼成体は3.7倍になり、稚内珪藻土を配合した焼成体は1.6倍になった。

次に、いぶしタイトルについて検討した。酸化焼成した試験体は、低温で焼成するほど吸湿量が増加することから、いぶし処理が可能である限界温度付近の800°Cで焼成・いぶし処理をして、試験体を製作した。図5～図7は、800°Cで焼成しいぶし処理した焼成体と、いぶし処理していない焼成体の吸放湿試験結果である。いぶし処理を行うことにより、24時間経過後の吸放湿量は瓦土の焼成体で73.3% (図5)、水酸化アルミニウムを配合した焼成体で8.6% (図6)、稚内珪藻土を配合した焼成体で5.2% (図7) 減少したが、大きな減少とならず、いぶし膜の形成は、吸放湿特性にさほど影響しないことが分かった。蛙目粘土塗布の有無では、吸湿量に有意な差は確認できなかった。図8は原料毎のいぶし処理後の吸放湿性試験結果である。24時間経過後の吸湿量は、水酸化アルミニウムを配合した焼成体が最も多く、107g/m<sup>2</sup> 吸湿した。次いで、稚内珪藻土を配合した焼成体となり、吸湿量は55g/m<sup>2</sup>であった。水酸化アルミニウムを配合した焼成体は、JISに定められた建築用仕上塗材の吸放湿性基準値<sup>3)</sup>である70g/m<sup>2</sup>を上回っている。

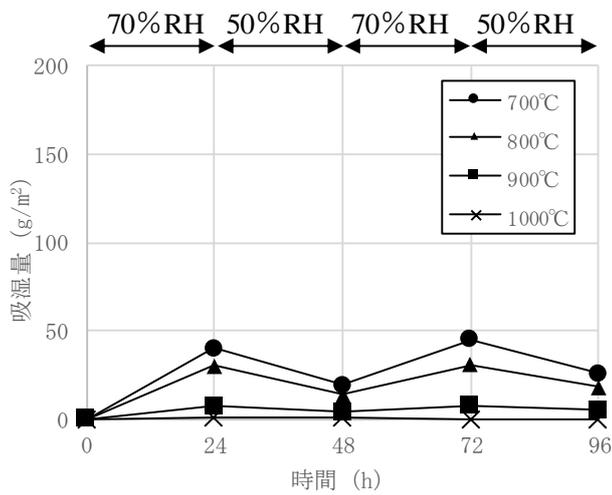


図1 瓦土焼成体の吸放湿特性

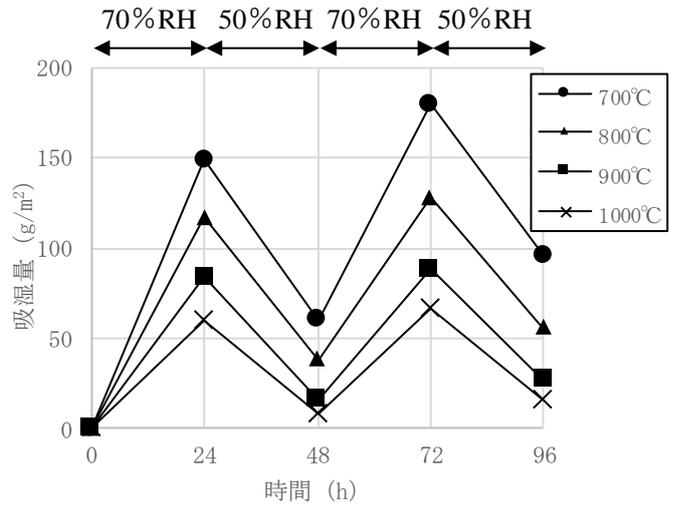


図2 水酸化アルミニウム30%配合瓦土焼成体の吸放湿特性

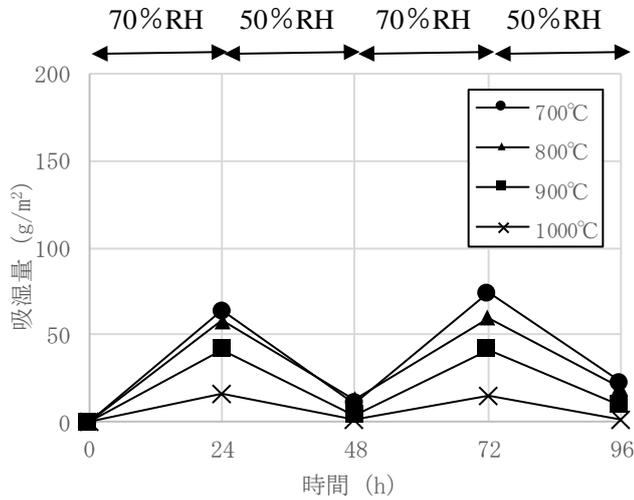


図3 稚内珪藻土30%配合瓦土焼成体の吸放湿特性

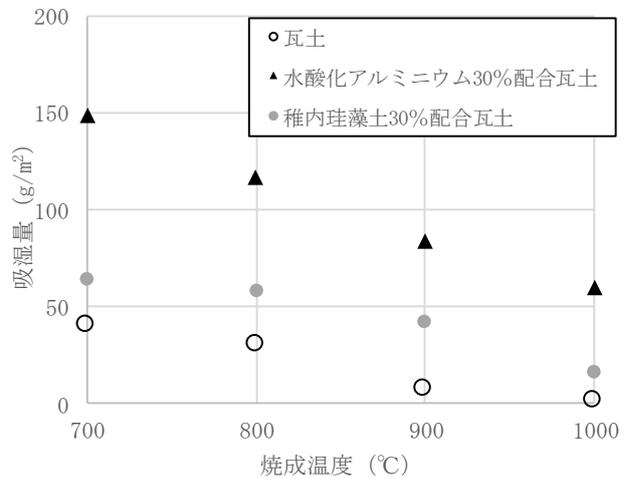


図4 24時間経過後の吸湿量の比較 (23°C、湿度50%⇒70%)

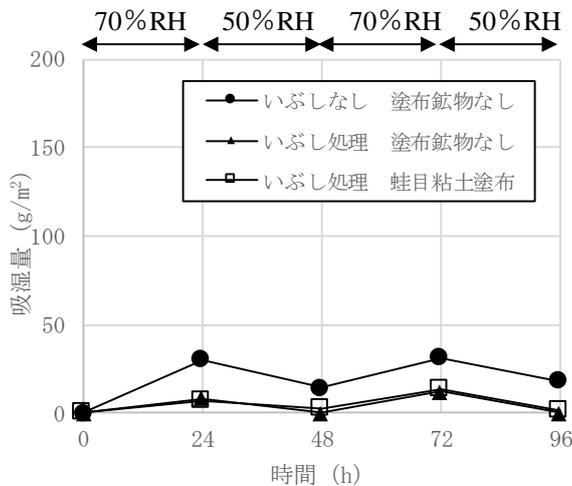


図5 いぶし処理した瓦土焼成体 (800°C) の吸放湿特性

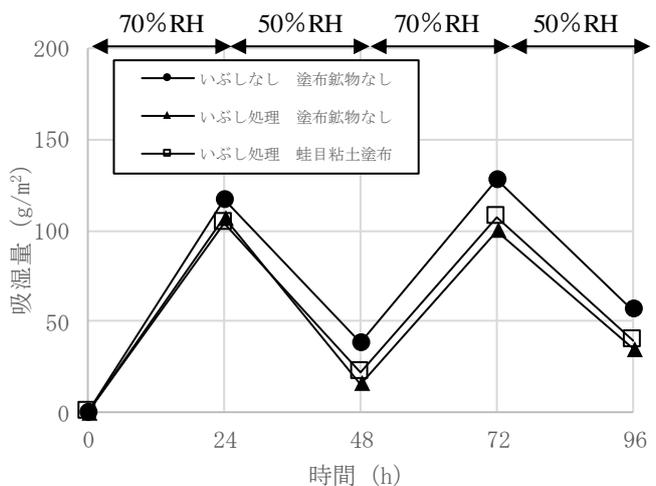


図6 いぶし処理した水酸化アルミニウム30%配合瓦土焼成体 (800°C) の吸放湿特性

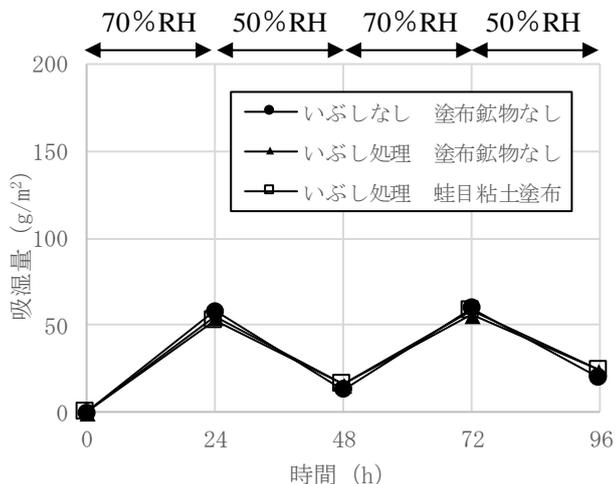


図7 いぶし処理した稚内珪藻土30%配合瓦土焼成体(800°C)の吸放湿特性

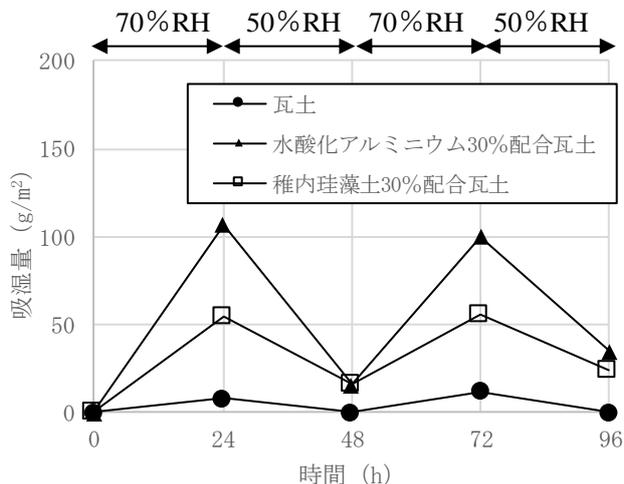


図8 原料が異なるいぶし処理焼成体の吸湿量の比較

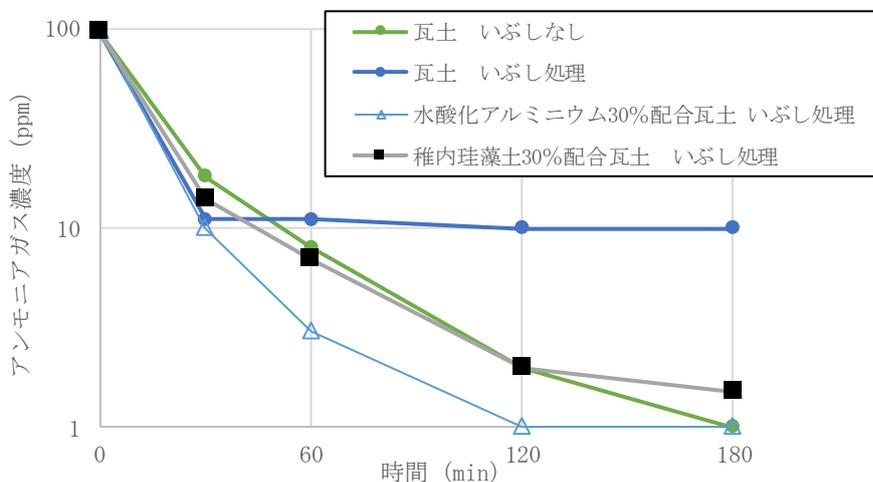


図9 水酸化アルミニウム30%配合瓦土焼成体(800°C)のアンモニア脱臭特性

(2)脱臭試験

アンモニアの脱臭試験の結果を図9に示す。瓦土のみの試験体をいぶし処理の有無で比較すると、いぶし処理により脱臭性能が低下することが確認される。しかし、水酸化アルミニウムを30%配合することにより、吸湿性能に加えて脱臭機能についても向上できることが確認され、100ppmのアンモニアガスを、120分で2ppm以下に脱臭できた。また、(一社)日本建設連合会の消臭機能建材主要情報一覧<sup>4)</sup>によれば、180分で100ppmから1ppmに脱臭する珪藻土系塗材<sup>4)</sup>が報告されており、稚内珪藻土を30%配合した試験体においても同様の脱臭効果が確認され、水酸化アルミニウムを配合する場合と比較するとその性能は近かった。

(3)機械的強度試験

酸化焼成した試験体の焼成温度と最大応力の関係を図10に示す。焼成温度が高くなるほど、最大応力が高くなるが、水酸化アルミニウムを配合した場合、稚内珪藻土を配合する場合と比較して強度が低下した。800°Cの焼成体でみると、瓦土のみ焼成体と比較して、水酸化アルミニウムを配合した場合54.8%強度低下、稚内珪藻土を配合した場合36.3%強度低下となった。このことは、図4の吸湿量が多い焼成体ほど強度が低下する傾向がみられ、多孔質化が原因であると考えられる。

今後は、強度向上のため、瓦土の粒度の見直しや、焼結助剤の添加、タイルの厚みや幅等の変更による強度向上を検討する余地がある。

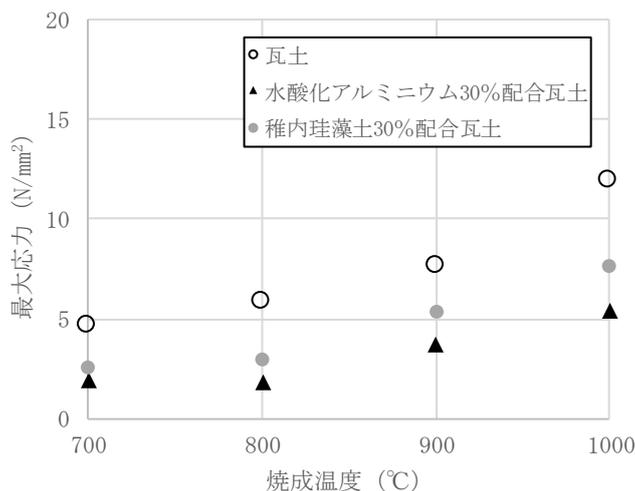


図 10 酸化焼成した試験体の焼成温度と最大応力の関係

## ま と め

瓦土に、水酸化アルミニウムまたは、稚内珪藻土を配合したいぶし瓦タイルを作製し、以下の結果を得た。

1. 瓦土のみの場合は、900°C以下での焼成で吸放湿性が確認された。
2. いぶし処理した焼成体の吸湿量は、稚内珪藻土を30%配合したものと比較して、水酸化アルミニウムを30%配合した焼成体が大きくなり、23°Cで湿度を50%から70%に変化させた場合に、107g/m<sup>2</sup>吸湿することが確認された。
3. いぶし膜の形成による吸湿量への影響は、水酸化アルミニウムを30%配合した焼成体の場合、8.6%の低下にとどまった。
4. 瓦土に水酸化アルミニウムを30%配合し、いぶし処理した800°C焼成体は、100ppmのアンモニアガスを、120分で2ppm以下に脱臭できた。

## 文 献

- 1)日本屋根瓦経済新聞,第1664号,2021年1月1日.
- 2)八幡正弘,湿度調整材料としての頁岩・珪藻質泥岩の特徴について—いわいる「稚内珪藻土」の地質鉱物学的特徴—,研究報告第74号,北海道立地質研究所,p.83-95 (2003).
- 3)JIS A 6909 建築用仕上塗材, (2021).
- 4) (一社)日本建設連合会,消臭機能建材主要情報一覧,<https://nikkenren.com/kenchiku/zairyu/siage/14shoshu/table14.pdf>.