

令和元年度
静岡県工業技術研究所 研究発表会
要 旨 集

令和2年8月21日(金)

静岡県工業技術研究所

沼津工業技術支援センター
富士工業技術支援センター
浜松工業技術支援センター

令和元年度 工業技術研究所 研究発表会プログラム

No.	時間	発表	担当		問合せ先	Page
			所属	氏名	メール	
	9:10 ~ 9:15	所長挨拶				
1	9:15 ~ 9:20	車載光学機器産業を支援する設計・評価・生産支援技術の開発	工業技術研究所 照明音響科	豊田敏裕	sk-ls@pref.shizuoka.lg.jp	1
2	9:20 ~ 9:30	表面の光学特性に影響する粗さパラメータの解明	工業技術研究所 照明音響科	柳原 亘	sk-ls@pref.shizuoka.lg.jp	2
3	9:30 ~ 9:40	ヘッドアップディスプレイにおける凹面鏡の形状が光学性能に与える影響の評価	工業技術研究所 照明音響科	志智 亘	sk-ls@pref.shizuoka.lg.jp	3
4	9:40 ~ 9:50	屋外の光環境下でのヘッドアップディスプレイの照明シミュレーション	工業技術研究所 照明音響科	豊田敏裕	sk-ls@pref.shizuoka.lg.jp	4
5	9:50 ~ 10:00	次世代自動車の軽量化に貢献する3D熱変形等計測・評価技術の開発	浜松工業技術支援センター 機械電子科	針幸達也	hk-kd@pref.shizuoka.lg.jp	5
6	10:00 ~ 10:10	環境に優しい樹脂めっきプロセスの開発	工業技術研究所 金属材料科 (現所属:環境衛生科学研究所 環境科学部環境科学班)	綿野哲寛	sk-kinzoku@pref.shizuoka.lg.jp	7
7	10:10 ~ 10:20	溶融樹脂と金属部材表面の剥離性評価	工業技術研究所 化学材料科	小泉雄輔	sk-kagaku@pref.shizuoka.lg.jp	8
8	10:20 ~ 10:30	異種材料接合のための新型プラズマ照射装置の開発 -プラズマ照射効果の分析-	富士工業技術支援センター 機械電子科	高木 誠	fk-kd@pref.shizuoka.lg.jp	9
9	10:30 ~ 10:40	異種材料接合のための新型プラズマ照射装置の開発 -接着性向上について-	富士工業技術支援センター 機械電子科 (現所属:工業技術研究所 化学材料科)	稲葉彩乃	fk-kd@pref.shizuoka.lg.jp	11
	10:40 ~ 10:50	休憩(10分)				
10	10:50 ~ 11:00	静岡県IoT推進ラボの開発	工業技術研究所 機械電子科	赤堀 篤	sk-kd@pref.shizuoka.lg.jp	12
11	11:00 ~ 11:10	ポータブルIoT導入パックの開発	工業技術研究所 機械電子科	望月建治	sk-kd@pref.shizuoka.lg.jp	13
12	11:10 ~ 11:20	プレス加工現場のIoT導入支援の実例 -生産出来高のリアルタイム監視と生産計画の最適化への取り組み-	工業技術研究所 機械電子科	岩崎清斗	sk-kd@pref.shizuoka.lg.jp	14
13	11:20 ~ 11:30	鍍金加工現場のIoT導入支援の実例 -稼働状況の見える化とLPWA通信による管理工数の削減-	工業技術研究所 機械電子科	山口智之	sk-kd@pref.shizuoka.lg.jp	15
14	11:30 ~ 11:40	携帯情報端末を活用した酸素ボンベ残量モニタの開発 -深層学習を用いた医療用酸素流量調整器の自動読み取りについて-	沼津工業技術支援センター 機械電子科 (現所属:工業技術研究所 機械電子科)	竹居 翼	nk-kd@pref.shizuoka.lg.jp	16
15	11:40 ~ 11:50	鍛造シミュレーションの高精度化に向けた取り組み -生体適合性材料(チタン合金)の材料特性データの活用-	沼津工業技術支援センター 機械電子科	是永宗祐	nk-kd@pref.shizuoka.lg.jp	17
16	11:50 ~ 12:00	鍛造シミュレーションの高度化 -進化的計算手法と機械学習の活用-	沼津工業技術支援センター 機械電子科	松下五樹	nk-kd@pref.shizuoka.lg.jp	19
	12:00 ~ 13:00	昼休み(1時間)				
17	13:00 ~ 13:10	次世代自動車軽量化のためのCNF複合材の開発 -研究の背景と概要-	富士工業技術支援センター CNF科	大竹正寿	fk-cnf@pref.shizuoka.lg.jp	20
18	13:10 ~ 13:20	マイクロX線CTによるCNF複合材のCNF分散性評価	富士工業技術支援センター CNF科	田中翔悟	fk-cnf@pref.shizuoka.lg.jp	21
19	13:20 ~ 13:30	赤外分光イメージングを用いたPP/CNF複合材中のCNF分散性の評価 -試料間の数値的な比較-	工業技術研究所 化学材料科	菅野尚子	sk-kagaku@pref.shizuoka.lg.jp	22
20	13:30 ~ 13:40	マスターバッチを使用したPP/CNF複合材の混練・成形・評価	工業技術研究所 化学材料科 (現所属:商工振興課 商工振興班)	志田英士	sk-kagaku@pref.shizuoka.lg.jp	23
21	13:40 ~ 13:50	PP/CNF複合材に対するめっき密着性の評価	工業技術研究所 金属材料科	田中宏樹	sk-kinzoku@pref.shizuoka.lg.jp	24
22	13:50 ~ 14:00	セルロースナノファイバーを添加したモルタルのひび割れと収縮	工業技術研究所 工芸科	村松重緒	sk-kougei@pref.shizuoka.lg.jp	25
23	14:00 ~ 14:10	セルロースナノファイバーによる香り放散機構の解明	工業技術研究所 食品科	石橋佳奈	sk-svokuhin@pref.shizuoka.lg.jp	26
	14:10 ~ 14:20	休憩(10分)				
24	14:20 ~ 14:30	静岡県産アカモクの機能性成分及び微生物評価	工業技術研究所 食品科	浅沼俊倫	sk-svokuhin@pref.shizuoka.lg.jp	27
25	14:30 ~ 14:40	緑茶葉の微細化素材開発	工業技術研究所 食品科	松野正幸	sk-svokuhin@pref.shizuoka.lg.jp	28
26	14:40 ~ 14:50	新マイクロ波抽出技術による魚節フレーバー濃縮エキスの開発	工業技術研究所 食品科	渡瀬隆也	sk-svokuhin@pref.shizuoka.lg.jp	29
27	14:50 ~ 15:00	新規なこんにやくハンバーグの開発	工業技術研究所 食品科	三宅健司	sk-svokuhin@pref.shizuoka.lg.jp	30
28	15:00 ~ 15:10	機能向上を狙った静岡県産農産物の乳酸菌発酵	工業技術研究所 食品科	袴田雅俊	sk-svokuhin@pref.shizuoka.lg.jp	31
29	15:10 ~ 15:20	しずおか有用微生物ライブラリーを活用した静岡サワービールの開発(Ⅱ) -最適微生物株の選抜-	沼津工業技術支援センター バイオ科 (現所属:工業技術研究所 金属材料科)	望月玲於	nk-bio@pref.shizuoka.lg.jp	32
30	15:20 ~ 15:30	しずおか有用微生物ライブラリーを活用した静岡サワービールの開発(Ⅲ) -試作品の製造及び評価-	沼津工業技術支援センター バイオ科	勝山 聡	nk-bio@pref.shizuoka.lg.jp	33
31	15:30 ~ 15:40	県オリジナル酒造好適米新系統の醸造適性評価	沼津工業技術支援センター バイオ科	鈴木雅博	nk-bio@pref.shizuoka.lg.jp	34
	15:40 ~ 15:50	休憩(10分)				
32	15:50 ~ 16:00	静岡県メタン発酵プラントの実証化試験について	工業技術研究所 環境エネルギー科	太田良和弘	sk-kankyou@pref.shizuoka.lg.jp	35
33	16:00 ~ 16:10	メタン発酵処理に適する食品廃棄物の性状に関する考察	工業技術研究所 環境エネルギー科	室伏敬太	sk-kankyou@pref.shizuoka.lg.jp	36
34	16:10 ~ 16:20	木工プレス機の荷重管理状況調査	工業技術研究所 工芸科	渡邊雅之	sk-kougei@pref.shizuoka.lg.jp	37
35	16:20 ~ 16:30	衝撃荷重を想定した椅子の耐久性試験の提案	工業技術研究所 工芸科	菊池圭祐	sk-kougei@pref.shizuoka.lg.jp	38
36	16:30 ~ 16:40	発泡体の構造解析に向けた材料特性パラメータの導出	工業技術研究所 ユニバーサルデザイン科 (現所属:沼津工業技術支援センター 機械電子科)	船井 孝	sk-ud@pref.shizuoka.lg.jp	39
37	16:40 ~ 16:50	搾乳作業における身体負担を軽減するしゃがみ姿勢の提案	工業技術研究所 ユニバーサルデザイン科	大賀久美	sk-ud@pref.shizuoka.lg.jp	40

※今年度異動があった職員は、所属を二段書き(現所属をかつこ書き)で表記しています。発表についてのお問い合わせは、旧所属あてにお願いします。

車載光学機器産業を支援する設計・評価・生産支援技術の開発

工業技術研究所

照明音響科 ○豊田敏裕

1 はじめに

先進運転支援システム（ADAS）や将来の自動運転技術の実現に向けて、車両に様々なセンサーが接続され、運転支援の情報が大容量化していくなかで、ヘッドアップディスプレイ（HUD）は、安全かつ効果的な情報提供手段として注目されている。将来の自動運転車にも必要不可欠なコアデバイスとして、今後さらに普及が進んでいくと予測されている。

車載光学機器産業が集積する県内には、HUD 関連事業への新規参入の契機が訪れている。HUD の光学評価規格が 2018 年に北米自動車技術会から発行され、今後、品質の標準化も進むと考えられる。

本研究は、HUD をはじめとする車載光学機器を対象に、製品及び部品の設計・評価から生産技術に至るステージをワンストップで扱い、県内企業の新規事業参入及び技術力強化を支援するための技術及び体制の確立に取り組んでいる。

2 発表内容

本研究では、HUD の光学設計、光学部品の表面幾何構造と光学特性の関係、HUD の性能予測のための CAE（Computer Aided Engineering）技術を開発している。本研究を構成する小課題の概要と、開発した技術及び関連する保有設備を活用した技術支援体制を紹介する。

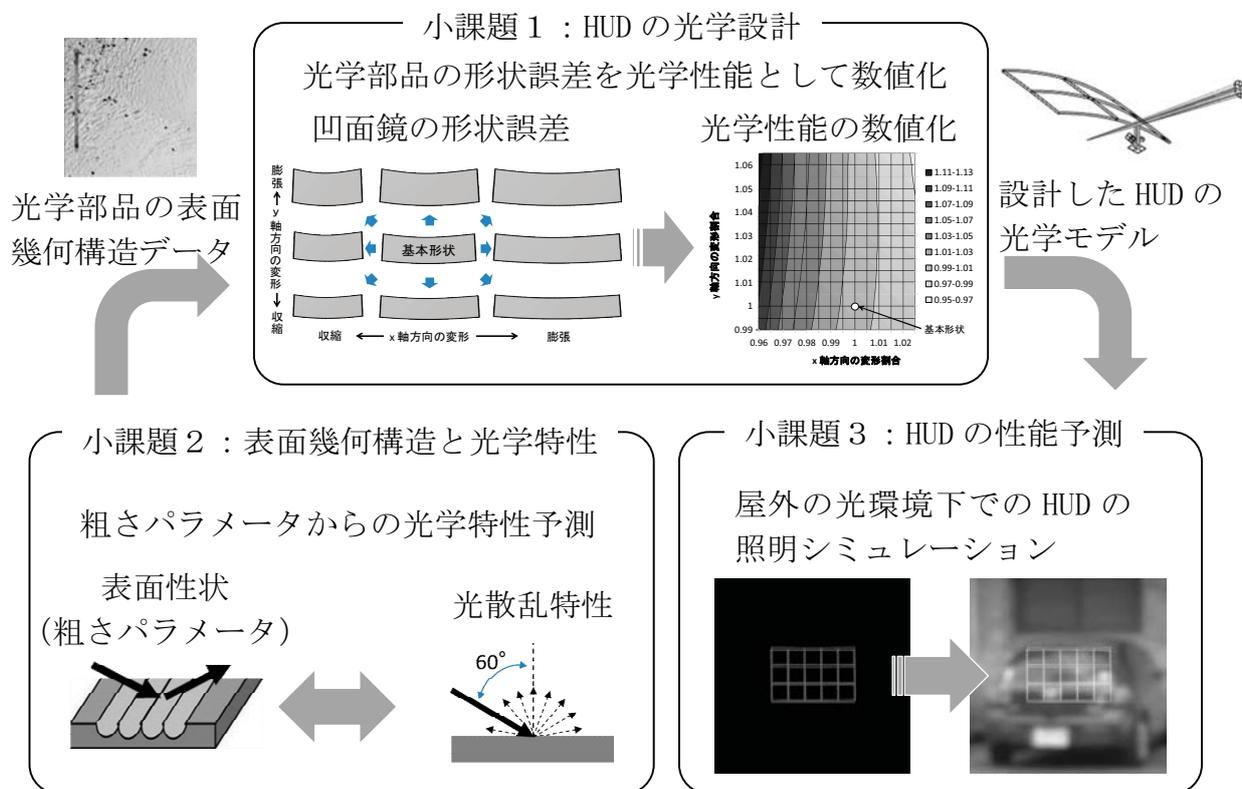


図 研究小課題の研究概要

ヘッドアップディスプレイにおける凹面鏡の形状が光学性能に与える影響の評価

工業技術研究所

照明音響科 ○志智 亘

1 目的

ヘッドアップディスプレイ (HUD) 光学系の凹面鏡は、像の拡大やウィンドシールド形状によって生じる像の変形を補正する重要な光学部品である。車載 HUD に使用される凹面鏡は、軽量で複雑な曲面を低コストで成型できる樹脂で製造されることが多い。しかしながら樹脂は温度変化による収縮・膨張がガラスに比べて大きい。したがって、凹面鏡の膨張や収縮が HUD の光学性能に与える影響やその傾向を知ることは、高精度な形状を作製するためには非常に重要な情報となる。この取り組みでは設計した HUD 光学系の凹面鏡が収縮・膨張した際に、運転者が見る虚像がどのように変化するかについて、光学シミュレーションを用いて評価した。

2 方法

設計した HUD 光学系はウィンドシールドで情報画像を運転者前方の環境に重ね合わせるタイプを想定した (図 1)。光学系は凹面鏡、平面鏡そして画像表示ディスプレイで構成されている。ただし、運転者の眼と画像表示ディスプレイ内部の光学系は考えていない。凹面鏡は直行する二つの多項式で定義されており、変形はそれらをそれぞれ 0.9 倍から 1.1 倍することにより、元の形状から 10% の膨張と収縮を表現した (図 2)。このような状況下において、虚像のひずみと像のぼやけ具合を光学設計ソフトウェア OpticStudio (Zemax 社) を用いてシミュレーションした。

3 結果と考察

今回設計した HUD 光学系では、虚像に視力 (単眼) 0.9 程度の運転者が認識できるひずみが生じる。図 3 は凹面鏡の変形により、ひずみが設計時から最大でどの程度変化するかを割合で示した図である。基本形状から x 軸方向に 1% 収縮すると、ひずみが 1.7% 程度増加し、y 軸方向では収縮・膨張に対して変化が小さいことがわかる。これは、x 軸方向と y 軸方向で形状が大きく異なっているためであると考えられる。発表では、虚像のぼやけ具合に関するシミュレーション結果についても紹介する。

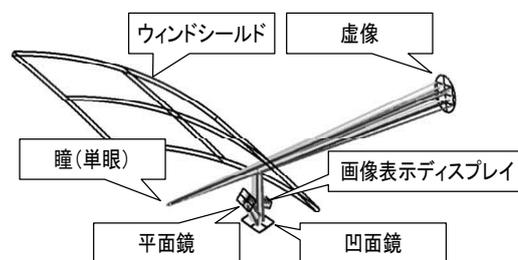


図 1 設計した HUD 光学系

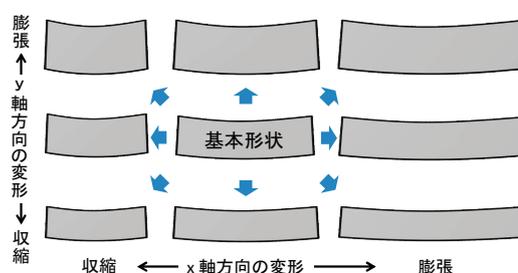


図 2 凹面鏡の変形の概念図

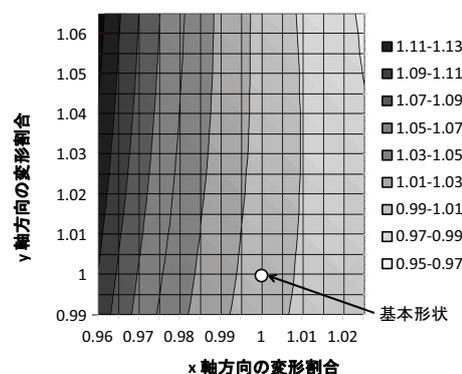


図 3 凹面鏡の変形によるひずみの変化率

屋外の光環境下でのヘッドアップディスプレイの照明シミュレーション

工業技術研究所

照明音響科 ○豊田敏裕

1 目的

運転手の視線の先に情報を提示するヘッドアップディスプレイ (HUD) は、視覚情報の効果的な伝達手段であり、次世代自動車への搭載に向けた開発が進んでいる。HUD の設計においては CAE (Computer Aided Engineering) 技術を用いて、光学部品の形状や配置を最適化する。日時や天候などの様々な光環境の要因を考慮して性能を予測する場合、ウィンドシールドを介して HUD による虚像を風景に重畳させる。本研究では、データ化した屋外の光環境を光源とする照明シミュレーションにより、走行時の光環境を考慮した HUD の虚像の見えを予測する技術を開発する。

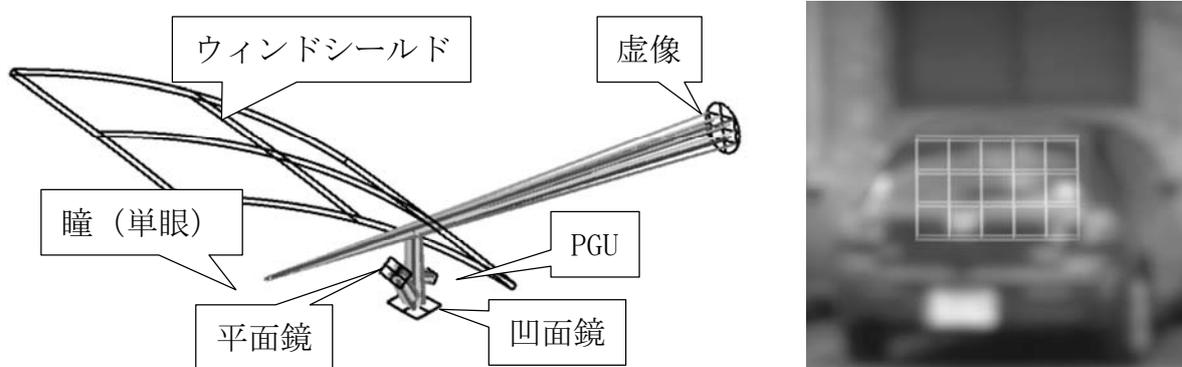
2 方法

工業技術研究所が独自に設計した HUD の CAD モデル (図(a)) をベースに、PGU (Picture Generation Unit) で生成された縦 34mm×横 56mm、太さ 1mm のグリッドパターンを凹面鏡により運転手から 2,200mm 前方に約 3 倍に拡大表示する HUD モデルを視認性評価 CG システム (インテグラ社 Lumicept) で作成した。PGU の輝度は、市販されている HUD のニアフィールド配光測定結果を参考に $15,000\text{cd}/\text{m}^2$ とし、光学部品による光の吸収や散乱はないものとした。また、実測した光環境データを周囲の光環境とした (最大輝度 $5,000\text{cd}/\text{m}^2$)。

3 結果と考察

図(b)は、照明シミュレーションで得られた虚像付近の輝度画像である。HUD による虚像が先行車両の後部付近に重畳し、グリッドパターンの一部で視認性が低下した。また、理論的なグリッドパターンの輝度は約 $5,000\text{cd}/\text{m}^2$ であるが、予測された平均輝度は約 $1,200\text{cd}/\text{m}^2$ であった。これは、HUD がウィンドシールドのような透明な媒体を介して虚像を風景に重畳することに由来する光の損失が原因の 1 つとして考えられる。

今後は、高輝度、高階調での表示に対応したディスプレイと連携した、CAE による屋外光環境下での HUD の表示性能予測結果を目視で評価できる環境に発展させる。



(a) HUD モデル

(b) シミュレーション結果

図 屋外の光環境下での HUD の表示状態の予測

次世代自動車の軽量化に貢献する3D熱変形等計測・評価技術の開発

浜松工業技術支援センター

機械電子科 ○針幸達也 長津義之 岩澤 秀 渥美博安

1 目的

近年、燃費規制の強化や次世代自動車における大容量バッテリー搭載による重量増加に対応するため、自動車メーカーは、軽量化素材の採用を進めている。

自動車部品に、新しい素材を使うためには、加工や使用の際の挙動を、実測またはシミュレーションによって予測することが必要である。

そこで、我々は、製品の使用時に発生する熱によるトラブルを設計の段階で取り除くことを目的とし、熱変形を考慮した公差幅を迅速に決めることが可能な公差解析手法の開発に取り組んだ。

本発表ではシミュレーションを用いたアルミ合金製インホイールモーターカバーの形状最適化と熱変形を考慮した公差を決定した結果について報告する。また、インホイールモーターカバーを実際に試作し、熱変形や放熱性を検証した結果についても報告する。

2 方法

今回検討したインホイールモーターカバーモデルを図1に示す。

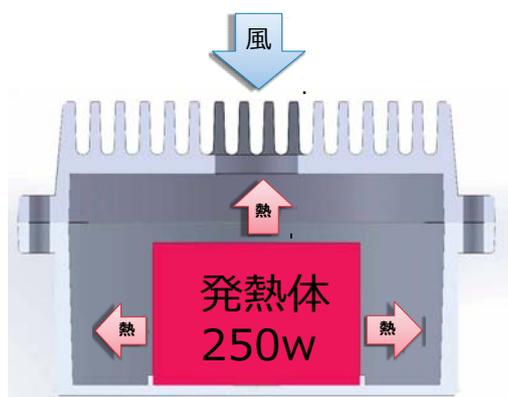


図1 検討したモデルの断面図

インホイールモーターカバーはアルミ合金製とし、内部にモーターを模した250Wで発熱するブロックを配置する。はじめに放熱性の良い形状を決めるため、熱流体シミュレーションによるパラメータ設計を行い、各部寸法や放射率を最適化するためのパラメータとした。また、カバー上部のヒートシンクの周囲を流れる空気の流れは、燃費測定で一般的に用いられるJC08モードでの走行中の平均速度と最高速度を風速値とした。

次に、インホイールモーターカバーの中心部にあるシャフトを通すための穴の変形が少なくなるように伝熱シミュレーションによるパラメータ設計を行った。以上の2つのシミュレーションによって求められた放熱性が高く、かつ熱変形しにくいモデルに対し、公差の設定を試みた。

モデルの各部の寸法を少しずつ変えながら繰り返しパラメータ設計を行い、熱変形をしても中心部の穴の変位が小さく一定の範囲に収まる寸法幅を求め、公差とした。

3 結果

熱流体シミュレーションによるパラメータ設計によって放熱性の高い形状(図2)を決定した。さらにこの形状を基に伝熱シミュレーションによるパラメータ設計によって熱変形の小さい形状(図3)を決定した。

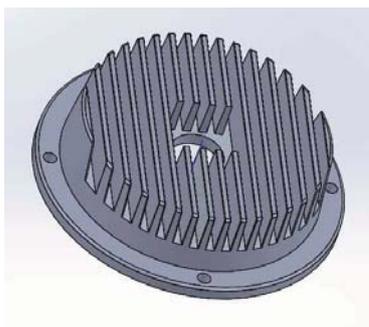


図2 放熱性の高い形状

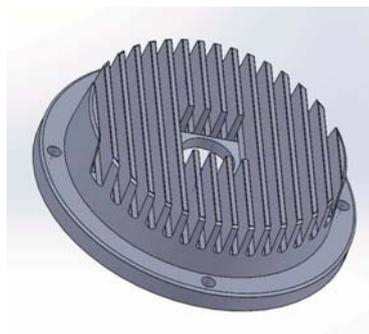


図3 熱変形の少ない形状

図2のモデルに比べ変形しにくいようにフィンの高さが低く全体的に肉厚になっている

図3は熱対策をしていない形状に対し、使用中の内部空気の温度を約40℃下げることができた。図3の形状に対して、フィンの高さ、フィンの幅、肉厚（ベース部、壁）の寸法を少しずつ変えながらパラメータ設計を行い、公差設定を行った結果を図4に示す。

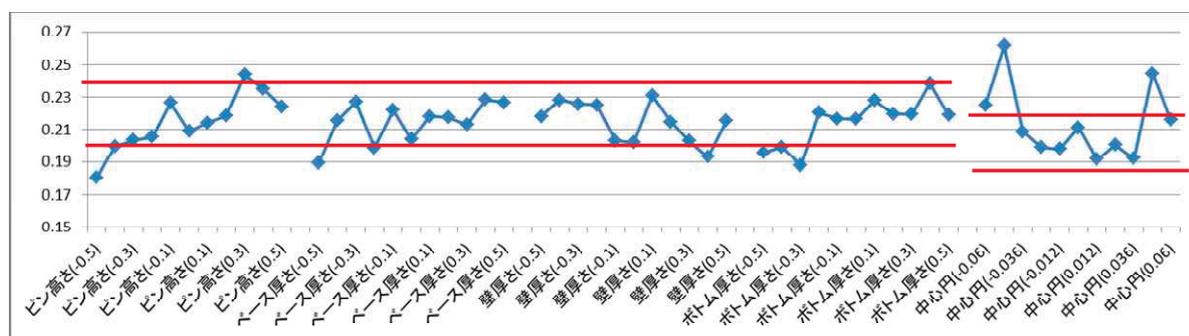


図4 公差決定のためのパラメータ設計の結果

フィンの高さ $\pm 0.2\text{mm}$ 、ベース厚さ $\pm 0.4\text{mm}$ 、壁厚さ： $\pm 0.3\text{mm}$ 、中心円の径 $\pm 0.036\text{mm}$ の範囲で一定となり、中心の穴径の熱変形後の変位量は 0.04mm 以下となる。この範囲を公差とした。

現在、計算した最適モデルの現物を作製して、シミュレーション結果を検証する試験を行っている。3Dプリンタにより作製した樹脂製モデル（図5）から砂型を作り、アルミ合金鋳造により現物モデル（図6）を製作した。当日は、検証した結果も併せて報告する。



図5 3Dプリンタによる樹脂モデル

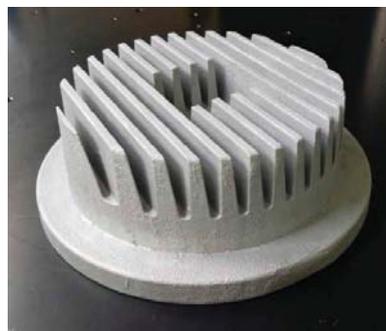


図6 砂型鋳造によるアルミ合金モデル

環境に優しい樹脂めっきプロセスの開発

工業技術研究所

金属材料科 ○綿野哲寛 鈴木洋光 長谷川和宏

1 目的

EV シフトによる車体軽量化のため、部品を金属から樹脂へ置き換える動きが加速している。樹脂材料に高品質なめっきを施すことが出来れば、耐久性、意匠性や電磁波シールド性を付与でき、樹脂材料の用途拡大が期待できる。しかし、現行技術はCrO₃等を用いた前処理（エッチング）の環境負荷が大きいことや、ABS樹脂以外の樹脂へのめっきが難しいこと、めっき欠陥（ピットやピンホール）による機能性低下が普及の課題となっている。

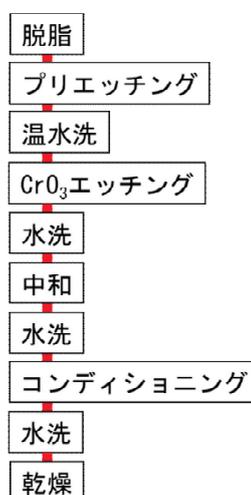
本研究ではPC樹脂へのめっきを対象に、環境負荷の少ないエッチング法の開発を目指す。

2 方法

PC樹脂に対して、従来法と開発法によるエッチングを行った(図)。開発法では従来法のCrO₃エッチングをオゾン酸化、プラズマ照射、紫外線照射に置き換え、その他工程は従来法と同様のプロセスでエッチングを行った。

エッチングの評価はPd-Sn触媒吸着及びめっきの密着性に影響を与える濡れ性を接触角により、表面粗さを白色光干渉計(Sa算術平均高さ、Sdr界面の展開面積比)により評価した。

《現行法》



《開発法》

(CrO₃エッチング代替)

- ・オゾン酸化
- ・プラズマ照射
- ・紫外線照射



3 結果と考察

図 PC樹脂のエッチング工程

オゾン酸化で発生したオゾンクラックが、PC樹脂の濡れ性と表面粗さの向上に大きく寄与していることが分かった(表)。

表 各種エッチング法のメリット・デメリット及び評価結果

エッチング法 比較項目	CrO ₃ (現行法)	オゾン酸化	プラズマ照射	紫外線照射
①エッチングムラ	極めて少ない	少ない	多い	多い
②スケーラビリティ	○	△	×	×
③複雑形状対応	○	○	×	×
④プロセスコスト	○	△	×	△
⑤作業操作性	○	△	○	○
⑥環境負荷	×	○	○	○
⑦接触角 (°)	51	13	31	63
⑧Sa (nm)	3.8	8.5	3.5	1.8
⑨Sdr (%)	0.0038	0.0336	0.0063	0.0017

※CrO₃エッチング代替を目指す数値目標 (接触角 $\leq 51^\circ$ 、Sa ≥ 3.8 nm、Sdr ≥ 0.0038 %)

※比較項目①～⑥は一般的な評価指標、比較項目⑦～⑨は本研究で得られた評価結果

溶融樹脂と金属部材表面の剥離性評価

工業技術研究所

化学材料科 ○小泉雄輔 志田英士 菅野尚子 木野浩成

1 目的

自動車部品向けの射出成形では、照明の LED 化に伴い、導光レンズやアウターレンズ用の透明樹脂部品の需要が増している。これらは輝度の高い光源付近で使用されるため、微小であっても欠陥が目立ち、高い良品基準が要求される。射出成形では、成形機内部で炭化した樹脂が成形品に混入する『黒点』と呼ばれる不良がある。これは重大な欠陥となり、歩留まりや稼働率が低下し、生産性の低下要因となっている。

そこで、成形機内部での、樹脂の滞留による黒点発生を防ぐ金属部品の探索を目的として、評価方法の確立及び金属部品と樹脂の剥離性を評価したので、報告する。

2 方法

2-1 試験機の改良 昨年度までに本科で構築した試験機では、測定ごとに押付時間や剥離荷重が異なる問題点があった。そこで測定の再現性を得るため、制御計測用ソフトウェアの開発及び装置改良を行った。

2-2 剥離荷重測定 2-1 で改良した試験機を用いて、樹脂と金属板との間に生じる剥離荷重を測定した。樹脂はアクリル樹脂 (PMMA)、金属板には射出成形機のスクリュに用いられる鋼材 (SCM440) 及び剥離性向上が期待されているクロムめっき処理 2 種類 (ハードクロムめっき、ダブルクロムめっき) を施した SCM440 を使用した。加熱した金属板を PMMA に押しつけ、剥離時の剥離荷重を測定した。

3 結果と考察

3-1 試験機の改良 新たに制御計測用ソフトウェアを開発し、金属板動作の設定・実行、金属板の温度制御、ロードセル測定結果の記録が可能になった (図 1)。ばねの引張 (剥離) 方向の荷重測定を行い、精密万能試験機による引張方向の荷重測定結果と比較し、本試験機は評価に十分な測定精度を有することを確認した。

3-2 剥離荷重測定 PMMA と SCM440 及びクロムめっき処理を施した SCM440 の剥離荷重を比較した結果、高温時の剥離荷重が約 20% 低下した (図 2)。表面処理を行うことで高温時の剥離荷重が低下する可能性を確認した。

今後、測定数を増やすなどして、表面処理の違いによる剥離性について評価し、その結果を成形機内の金属部品と樹脂の剥離性改善に活かしていく。

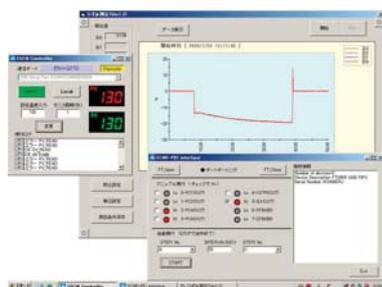


図 1 制御計測用ソフトウェア

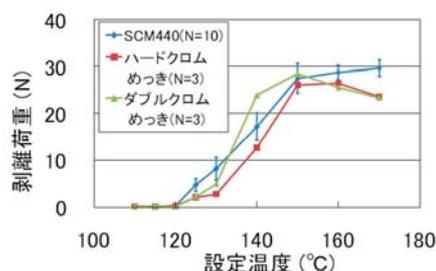


図 2 PMMA と各種金属板表面の剥離荷重

異種材料接合のための新型プラズマ照射装置の開発 —プラズマ照射効果の分析—

富士工業技術支援センター

機械電子科 ○高木 誠 稲葉彩乃 井出達樹 真野 毅

1 目的

今後増加が見込まれる次世代自動車は、電動化・自動化等への対応を考えると、樹脂複合材の利用拡大などによる軽量化が必要であると考えられている。樹脂複合材を安価かつ早く接合できる技術として、異種材料接着技術が有望視されているが、現状は十分な接合強度を得ることが難しい。このため、多様な材料や接着剤に対して接着強度の向上が可能な表面処理技術が求められている。平成 29 年度、接着強度を高める表面処理技術として、新型プラズマ照射装置を開発し、実証機を製作した。そして、平成 30 年度と令和元年度は、実証機の性能評価と接着性能評価を行った。



図1 新型プラズマ照射装置実証機

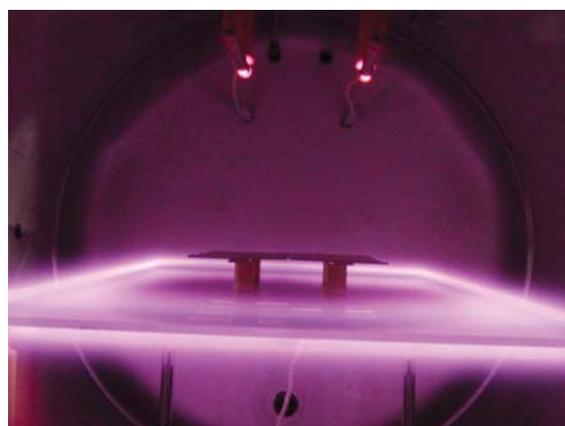


図2 試料へのプラズマ照射の様子

平成 30 年度まで行った研究において、プラズマ照射による接着強度の向上は確認されたが、接着界面の状態や、その変化がどのようなメカニズムで生じているかについては十分な知見を得ることができていなかった。プラズマ照射条件や接着剤種等の選定に有効な知見を得ることは重要であるため、今年度は、その界面状態に被着材・接着剤・プラズマガス種による違いが生じているのか否かについて分析を行った。

2 方法

界面状態の分析試料は化学的エッチングを施したアルミニウム材 (A5052) で、接着剤はエポキシ系と第二世代アクリル (SGA) 系の二種を用いた。プラズマのガス種は空気 (Air) と窒素 (N_2) で、照射条件は真空度 40Pa、高周波電圧 60V、バイアス電圧 -600V、照射時間は 180s である。その後、試料を切断し、断面を切削研磨して走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察した。

また、界面の微量な組成変化は X 線光電子分光 (XPS) で評価した。試料はステンレス鋼 (SUS304)、A5052、ポリプロピレン (PP)、ポリアセタール (POM) である。プラズマガス種とプラズマ照射条件は、上記の界面状態の分析と同じである。未処理品を含め計 12 試料について評価した。

3 結果と考察

結果および考察の概要は以下のとおりである。

- A5052 のエッチング孔にはエポキシ・SGA 共に接着剤が入り込んでいる。
- プラズマガスが Air・N₂ のいずれでも違いはない。
- 金属表面は、Air、N₂ のいずれも表面有機物が減少し、酸化物・水酸化物が増加する。
- 樹脂表面は、Air、N₂ のいずれも表面が酸化される。また、窒素化合物が形成される。
- Air、N₂ で大きな違いはなく、効果としては Air の方が大きい。

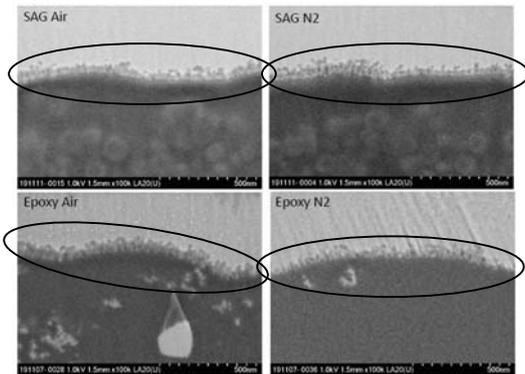


図3 接着界面断面のSEM観察

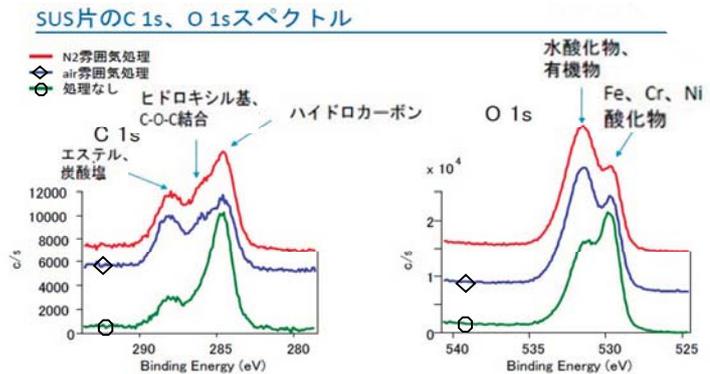


図4 XPS分析スペクトル (SUS304)

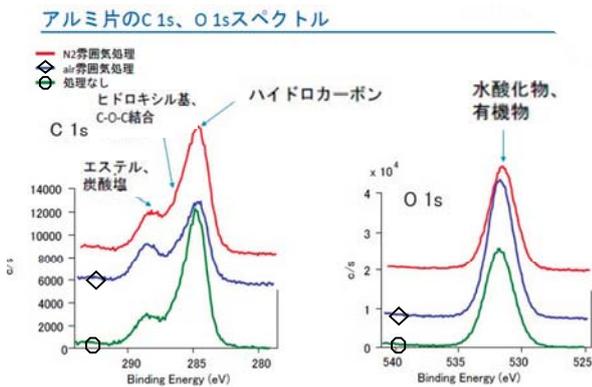


図5 XPS分析スペクトル (A5052)

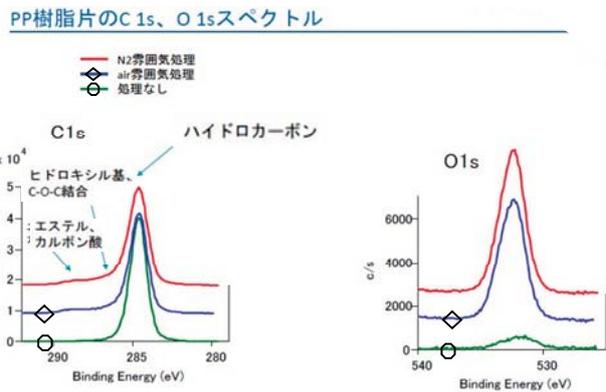


図6 XPS分析スペクトル (PP)

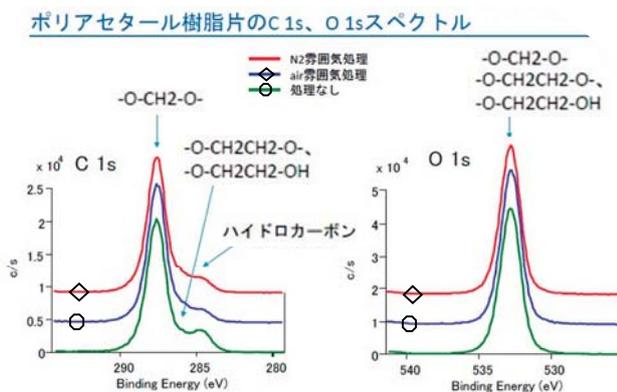


図7 XPS分析スペクトル (POM)

異種材料接合のための新型プラズマ照射装置の開発 －接着性向上について－

富士工業技術支援センター

機械電子科 ○稲葉彩乃 高木 誠 井出達樹 真野 毅

1 目的

これまでの研究で、プラズマ照射による樹脂及び金属に対する接着強度の向上効果について検討を行い、接着強度への影響はプラズマを照射する材料や接着剤、またその組合せによって異なるということがわかっている。本研究では、各種材料に対する照射時間の影響を探るとともに、製造現場で活用する際に必要とされるプラズマ照射後の効果持続についても検討を行った。

2 方法

プラズマを照射した材料板を接着剤で接着して引張試験片を作製した。それぞれの材料につき、照射時間を 60 秒、120 秒、180 秒とした 3 種類の試験片を用意した。室温で 24 時間以上保管した後、接着強度を測定した。次に、プラズマを照射した材料板を室温条件下で一定時間保管した後、接着剤で接着し試験片を作製した。保管期間は 1～366 時間の間で 7 時点とし、室温条件下で硬化させてから引張せん断接着強さの測定を行った。材料板は金属 (SUS304、A5052)、および樹脂 (PP、PE、PVC、ABS、PC、PA、POM、PMMA) を用い、接着剤はエポキシ系と第二世代アクリル (SGA) 系を使用した。なお、プラズマ照射条件は真空度 40Pa、高周波電圧 60V、バイアス電圧-600V、プラズマガス種は空気 (Air) とした。

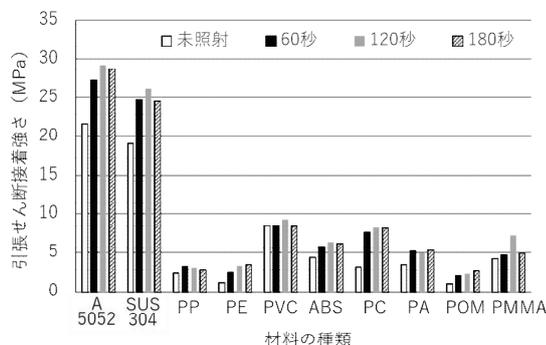


図1 照射時間による引張せん断接着強さの変化

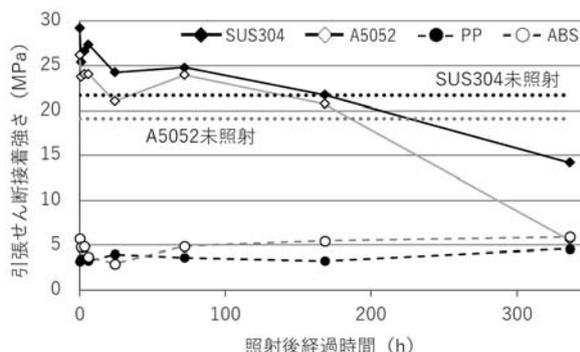


図2 照射後経過時間による引張せん断接着強さの変化

3 結果と考察

プラズマ照射時間と接着強度の測定結果 (SGA 系を使用) を図1に示す。全ての材料においてプラズマ照射による接着向上を確認した。金属の場合 120 秒で最も高い接着強度が得られた。樹脂では照射時間による大きな接着強度の差は現れず、PVC、PMMA を除き 60 秒程度のプラズマ照射により十分な接着強度向上効果が得られるということがわかった。

プラズマ照射後の保管時間と引張せん断接着強さの関係 (SGA 系を使用) を図2に示す。金属は照射後しばらく高い引張せん断接着強さを維持するものの、72 時間後以降、時間経過に伴い低下していく結果となった。照射直後は材料表面の清浄化や親水基導入の効果が優位に働き、時間経過とともに表面の酸化の影響が現れたものと推測される。樹脂の場合、経過時間に関わらず接着強度向上効果が保たれていることがわかった。

静岡県 IoT 推進ラボの開設

工業技術研究所

機械電子科 ○赤堀 篤 望月紀寿 望月建治
橋川義明 岩崎清斗 山口智之

1 目的

IoT (Internet of Things) の普及によりあらゆるものがインターネットに接続され、生産設備や製造工程の「見える化」や生産工程の省力化に役立つと期待されている。

しかしながら、県内中小企業からは、費用対効果が見えない、自社のどこに導入すれば良いかわからない、対応できる人材がいけないなどの課題が聞かれ、導入が進んでいない。

そこで、当所では、最新技術を展示・体験する「展示体験室」と、実習やセミナー等を行う「IoT 研修室」の2室で構成される「静岡県 IoT 推進ラボ」を令和元年11月29日に開設した。施設の利用により、IoT 導入における疑問を払拭し、導入のきっかけとなることを期待している。

2 施設の概要

(1) 展示体験室

展示体験室では企業の協力により展示された最新技術(表)を体験できる。展示機器は、常に最新の技術を体験できるよう公募により定期的に更新する予定である。平日の午前9時から午後5時まで見学が可能で、来場者の要望に応じて研究員が展示内容を説明する。

表 出展企業と展示内容

出展企業	展示内容
(株)静岡鐵工所 (株)アイエイアイ 碌々産業(株)	最新の工作機械や電動シリンダには、様々なセンサが搭載されており、IoT を利用した遠隔監視システムが構築できる。稼働状況の見える化に加え、高品位加工の安定化や予知保全が可能となる様子を展示している。
協立電機(株) (株)特電 静甲(株)	現在の生産設備に後付けで接続可能な IoT 接続機器を展示している。照度、温湿度、人感センサや監視カメラなどと組み合わせることで、稼働状況の見える化や遠隔地との情報共有がリアルタイムでできることを理解できる。
(有)ライブニッツ	AI (機械学習) を搭載した解析ツールを用い、様々な工作機械の稼働状況の監視、センサデータの解析及び予知保全を可能とするソフトウェアを紹介している。
(株)新冷熱技研	冷凍庫や冷蔵庫に様々なセンサを組み込み、冷媒の漏洩や圧縮機の振動や電流値を常時監視し、蓄積したデータを元に予知保全のシステムを提案している。

(2) IoT 研修室

研修室は、主にワークショップ形式の実習に利用する。簡単な IoT 教材を用いた初心者向け実習、生産設備への接続を想定した中級者向け実習、AI を取り入れたビッグデータ解析実習まで、企業の習熟度に応じた様々な実習を計画している。開催案内は当所ホームページに掲載するので、多くの皆様に参加していただきたい。



図 実習用教材と研修室

ポータブル IoT 導入パックの開発

工業技術研究所

機械電子科 ○望月建治 赤堀 篤 望月紀寿

橘川義明 岩崎清斗 山口智之

研究調整官

鈴木敬明

1 目的

当所では、以下の目的のためにポータブル IoT 導入パックを開発した。

- ・当研究所職員が企業の生産現場等に持ち込んで、IoT の効果を説明するデモンストレーションを行う。
- ・付属のセンサ・デバイスを現場の生産設備に取り付けて IoT 導入の検討を行う。
- ・パックのシステム構築作業を「なぞり書き」することで IoT の基盤技術を習得する教材として活用する。

2 方法

ポータブル IoT 導入パックを、以下のコンセプトに基づいて設計した。なお、本年度は、骨子となる仕様の設計を行い、県内企業に委託して開発を行った。

- ・トランクに IoT 要素（センサ、通信機器、サーバ等）をパッケージング
- ・トランク内には、モデル化された生産現場や事務所等として各要素が配置されており、開くとすぐに IoT による生産現場の可視化デモンストレーションが可能
- ・実際の現場の機器にパック内のセンサを取り付け、現実に近い条件での試用が可能
- ・訪問先企業のインターネット通信環境に依存せずに利用可能な構成

3 結果と考察

ポータブル IoT 導入パックの概念構成を図 1 に、センサ・デバイスとデバイス・ゲートウェイに相当する部分の実装構成を図 2 に示す。

発表では実際の実装品とその動作、メリット、活用方法について詳細に説明する。

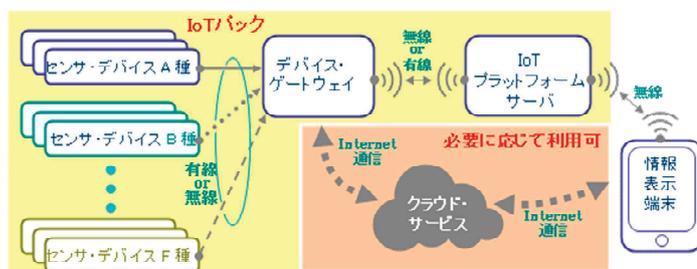


図 1 ポータブル IoT 導入パックの概念構成

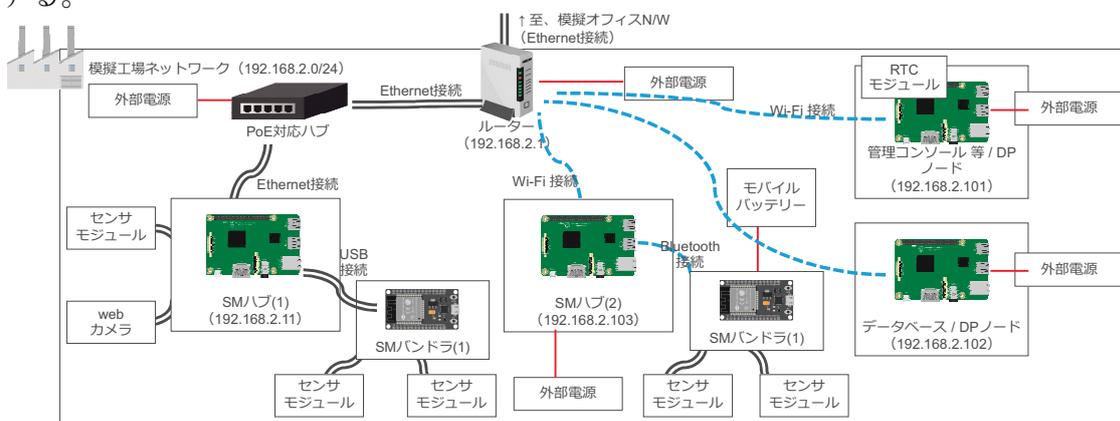


図 2 センサ・デバイスと小型デバイス・ゲートウェイの実装構成

プレス加工現場の IoT 導入支援の実例 —生産出来高のリアルタイム監視と生産計画の最適化への取組み—

工業技術研究所

機械電子科 ○岩崎清斗 山口智之
宮川工業株式会社 宮川昌久 山下敏弘

1 目的

当所では、県内企業への IoT 導入のための技術支援を行っている。本発表では工場内の生産設備に後付けでデバイスを取り付け、データを収集し、見える化・分析することで、現場の困りごとの改善から、生産計画の最適化の検討に至った事例を紹介する。

2 方法

宮川工業株式会社では、プレス加工による部品製造を行っている。作業員には、一日の生産目標が与えられているが、勤務時間内に達成できないことが現場の困りごととして挙げられていた。そこで本事例では、生産履歴をデータ化するため、SONY 社製の MESH GPIO ブロックを用いて、生産設備のカウンタから加工時に発生する信号を時刻データと同時に記録した(図1)。収集したデータから、1個の生産にかかる時間(サイクルタイム:CT)や1時間あたりの生産出来高(Shots Per Hour:SPH)を割り出し、グラフ化することで分析を行った。



図1 生産設備への取り付け

3 結果と考察

図2に示すように、CTが全体的に増加する日が見られた。この要因は、金型交換の段取り調整や、熟練者と新人による作業効率の違いであることが現場の聞き取りで判明した。一日の生産目標は、月の受注数を均等に割った数であったため、管理者は熟練度による調整を考慮していなかった。加えて、これまで生産のペース配分は、一日のカウンタの出来高を頼りに勘と経験で行っており、作業員によるばらつきは考慮されていなかった。

本研究により、段取り調整や新人教育の際に、SPHがどれだけ低下するか把握できるようになった。また、SPHをリアルタイムで表示するモニタを設けることで(図3)、生産数のリアルタイム監視とそれに基づく生産のペース配分調整が可能となり、生産状況による生産目標の最適化や時間外労働の短縮が期待できる。

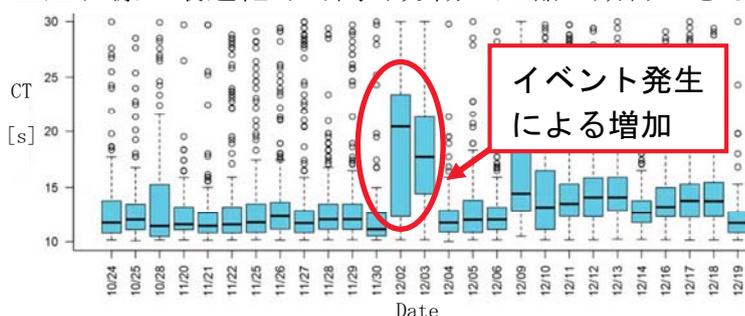


図2 CTの箱ひげ図



図3 SPHのメータ表示例

鍍金加工工場の IoT 導入支援の実例 —稼働状況の見える化と LPWA 通信による管理工数の削減—

工業技術研究所

機械電子科 ○山口智之 岩崎清斗
丸長鍍金株式会社 古本修一 杉山範彦

1 目的

当所で行っている県内企業への IoT 導入支援として、めっき加工工場の事例を紹介する。丸長鍍金株式会社では、複数のめっき槽を持ち、加工中約三日間は人による作業は不要になっている。しかしながら、品質管理のため、めっき槽の状態（液温、水位）を定期的を確認する必要があるため、休日出勤が日常的になっていた。そこで、めっき槽の常時監視システムと省電力広域ネットワーク（LPWA:Low Power Wide Area）を利用した異常通知システムを構築し、実際に加工中の管理工数が削減を目指した。

2 方法

各めっき槽に水位と液温を確認するセンサを取り付け、WiFi モジュール（Wio-Node）を経由し 1 台の Raspberry Pi にデータを集約して稼働状況の見える化をした。また、セキュリティに配慮し、社外からは直接データを読み込めないシステムとした。また、休日には、異常発生情報のみ確認できれば良いため、LPWA モジュール（Sigfox）を利用し、異常時のみ社員にメール送信するシステムを構築した（図 1、2）。

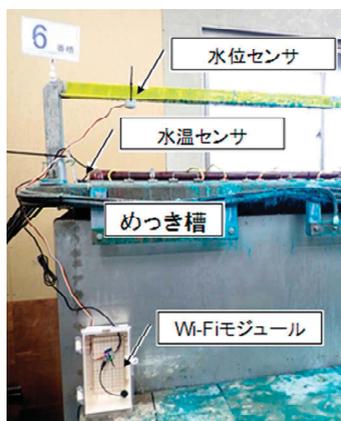


図 1 設置状態

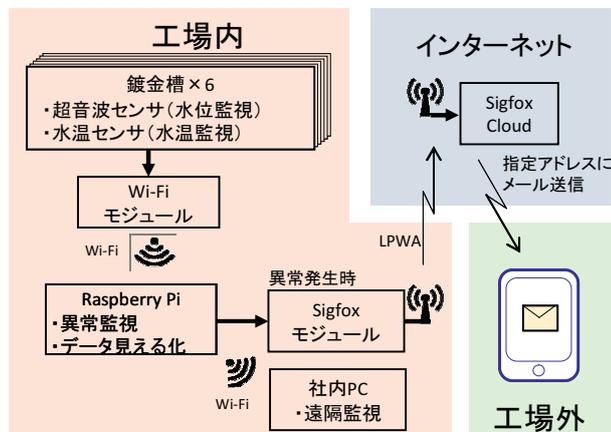


図 2 システム概要

3 結果と考察

本システムによりめっき槽の水位や液温の時系列データの遠隔監視が可能となり（図 3）、作業者は定期的な巡回の必要がなくなった。今後は、品質管理のためにめっき槽に印加している電流電圧のデータを収集することや、閾値による異常判定ではなく機械学習を利用し収集したデータからより正確に異常判定をできるよう検討する。

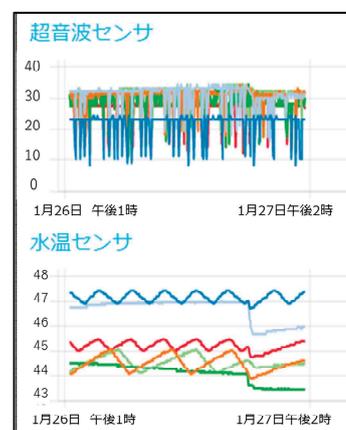


図 3 実際の表示画面

携帯情報端末を活用した酸素ボンベ残量モニタの開発 — 深層学習を用いた医療用酸素流量調整器の自動読み取りについて —

沼津工業技術支援センター

機械電子科 ○竹居 翼 松下五樹

1 目的

近年、様々な産業で IoT 化が進められており、アナログメータの自動読み取り技術の必要性が高まっている。加えて、AI 技術の進化が目覚ましく、医療分野への AI 活用が期待されている。そこで本研究では、深層学習の医療機器等への活用可能性を探るため、医療用酸素流量調整器（以下、調整器）の自動読み取り機能の実現に深層学習を用い、携帯情報端末（Android スマートフォン）に実装させた新たな残量モニタを開発した。ここでは、自動読み取り機能の核となる深層学習を活用した認識モデルについて、スマートフォン実機を使って性能を評価したので報告する。

2 方法

3 種類（VGG、ResNet、MobileNet）の認識モデルを作成し、その性能を評価した。モデルの作成に用いるデータセットは、調整器のアナログメータ（図 1）の撮影画像と、撮影時の指示値を目視して得た正解値（0～15MPa、1MPa 単位）で構成した。このデータセットを 12,000 組用意し、このうちの 9,600 組を認識モデルの学習に用いた。認識モデルの性能評価は、正解率、モデルのデータ容量、スマートフォン上での認識処理時間で行った。なお、正解率は、モデルの学習に用いない 2,400 組のデータについて、読み取り結果が正解値と一致したデータ数の割合とした。



図 1 対象メータ

3 結果と考察

図 2 は各認識モデルによる評価結果である。図 2 より、すべてのモデルで 95% 以上という高い正解率が得られることがわかった。また、正解率の高い VGG モデルと ResNet モデルでは、データ容量の小さい VGG モデルの方が認識処理に時間を要しており、データ容量は認識処理時間に比例していないことがわかった。一方、MobileNet モデルは、モバイル機器向けという設計思想のとおり、高い正解率を小さいデータ容量で実現しており、1 秒未満で認識処理を完了できることがわかった。

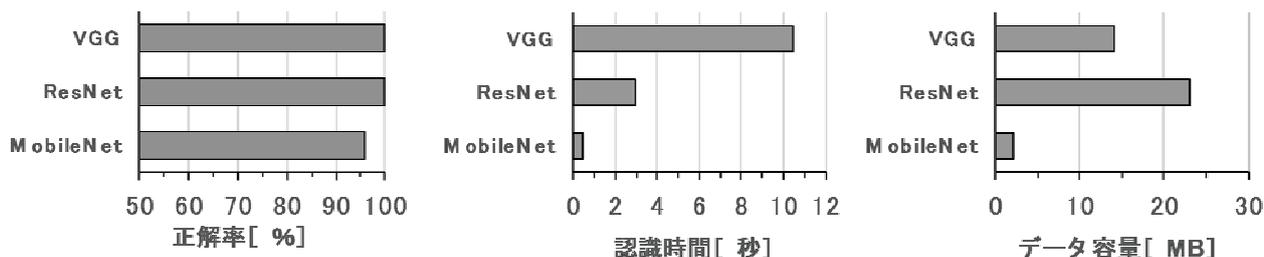


図 2 各認識モデルの正解率等

鍛造シミュレーションの高精度化に向けた取り組み —生体適合性材料（チタン合金）の材料特性データの活用—

沼津工業技術支援センター

機械電子科 ○是永宗祐 本多正計

1 目的

日本は超高齢社会を迎え、整形外科用インプラントの使用量は年々増加しており、新たな市場として着目されている。これら製品の多くは切削加工により製造されるが、材料歩留まりの向上によるコスト削減の要求から熱間鍛造法等への製造方法の転換が求められている。

しかし、熱間鍛造法を採用する際には、金型形状や鍛造条件の最適化のために多くの試作や実験が必要となり、初期の開発コストが高くなることが問題となる。そこで、発表者らはシミュレーション技術を用いることにより、開発コストの低減を目指している。

金型に作用する負荷や鍛造後の製品形状等を正確に予測するためには、基礎データとして正確な材料特性データが必要となる。材料特性データは、材料に加えた応力、温度、ひずみ（変形量）、ひずみ速度（変形速度）の関係を表したものであり、各種材料のデータを正確に取得するための研究が数多く行われている¹⁾。鉄鋼材料を対象とした研究が多い中、発表者らはこれまでに生体適合性材料であるチタン合金の材料特性データを取得してきた²⁾。本発表では、取得した材料特性データを用いてシミュレーションを行うことで、予測精度が向上することを報告する。

2 方法

鍛造シミュレーションソフト Deform™-2D Ver. 11.3 (Scientific Forming Technologies Corporation) を用いて、医療用チタン合金 (Ti-6Al-4V ELI: ASTM F136) の高温圧縮試験を再現した。材料特性データには、既往の研究²⁾で取得したデータ（以下、取得データ）と導入時にソフトに内蔵されている Ti-6Al-4V 合金のデータ（以下、既存データ）の2種類を用いた。図1に示すような直径 8mm、高さ 12mm の円柱形状試料を 800°C に加熱した後、ひずみ速度 10^{-3} 、 10^{-2} 、 10^{-1} 、 $1s^{-1}$ の4条件で圧縮する高温圧縮試験をシミュレートし、真応力-真ひずみ曲線を求めた。また、実際に高温圧縮試験を実施し、真応力-真ひずみ曲線の実測値を求め、シミュレーションによる計算値と比較した。

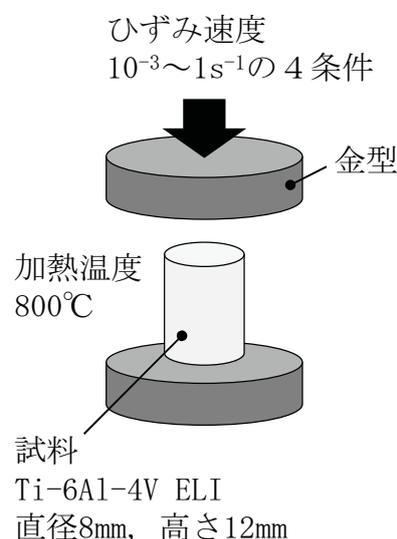


図1 高温圧縮試験概略

3 結果と考察

真応力-真ひずみ曲線の実測値及び計算値を図2に示す。図2中の灰色実線が実測値、黒色点線が既存データによる計算値、黒色実線が取得データによる計算値である。既存データによる計算値と実測値を比較すると、図2中の灰色実線と黒色点線は一致していない部分が多く、誤差は最大で50%以上となった。このことから、シミュレーションソフトの導

入時に内蔵されている既存の材料特性データでは圧縮中の応力やひずみを正確に予測できないことがわかる。一方、取得データによる計算値と実測値を比較すると、図2中の灰色実線と黒色実線はほぼ一致しており、誤差は5%以下となった。以上の結果から、独自に取得した正確な材料特性データを用いることで、鍛造シミュレーションの精度を大幅に向上できることがわかった。

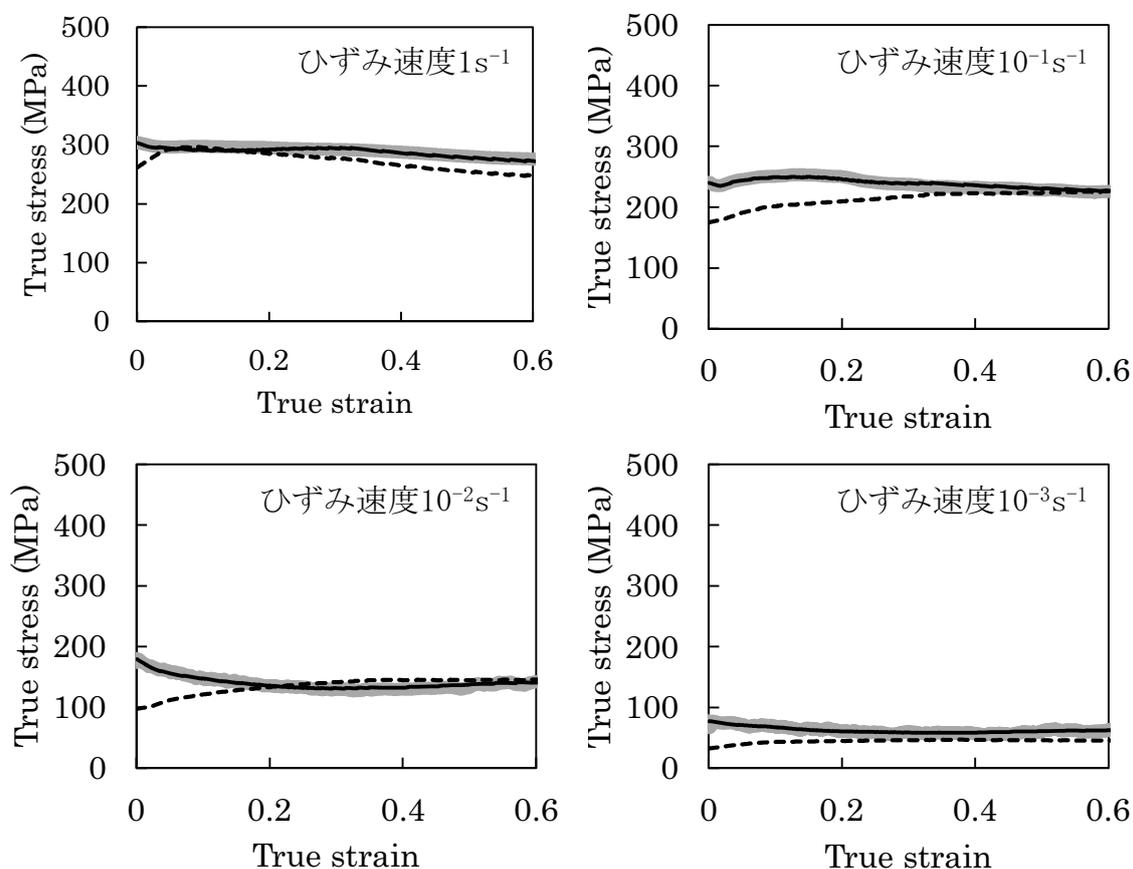


図2 真応力-真ひずみ曲線の実測値と計算値の比較

- 実測値
- - - 既存データによる計算値
- 取得データによる計算値

参考文献

- 1) A. Yanagida *et al.* : Regression Method of Determining Generalized Description of Flow Curve of Steel under Dynamic Recrystallization, *ISIJ International*, 45, 6, 858-866 (2005).
- 2) 是永宗祐 他 : 生体適合性材料 (チタン合金) の高温圧縮試験による材料特性データの取得, 静岡県工業技術研究所研究報告, 第12号, 66-67 (2019).

鍛造シミュレーションの高度化 —進化的計算手法と機械学習の活用—

沼津工業技術支援センター

機械電子科 ○松下五樹 是永宗祐 竹居翼 本多正計

1 目的

製品の開発や設計においては、試作に掛かる時間やコストを削減するため、シミュレーションを活用した手法が注目されている。製造工程を正確にシミュレーションするには材料の物性や加工機の動きなどのデータを実験により取得し、得られた離散的データを補間して数式化する必要がある。工程やデータの傾向が単純な場合は、多変量解析や既存の公式等を当てはめることで数式化が可能であるが、複雑なデータや入力変数が多い場合は人手による数式化は困難である。

一方、ニューラルネットワークなどの機械学習の手法では、複雑なデータや変数が多い場合でも補間が可能であるが、得られるモデルの数式は大量のパラメータの羅列であり、人間がデータの傾向を読み取ったり、物理的な意味を考察することは困難であるという問題点がある。

今回は遺伝的プログラミング (Genetic Programming、以下 GP) と呼ばれる手法を用いて、鍛造シミュレーション用実験データや機械学習モデルの近似式を作成することを試みた。GP は生物の進化過程を模倣した「進化的計算」と呼ばれる分野の一つであり、図 1 のように数式や処理を木構造で表現し、木の構造や配置を適応させていくことで解の探索を行う手法である。この手法を用いることで、複雑なデータや機械学習モデルを人間が解釈可能な数式に変換することが可能かどうか検証を行った。

2 方法

実験データや機械学習モデルの近似式を GP により生成する手法を検討した。更に GP で生成される数式の定数項をベイズ最適化など他のアルゴリズムで調整することで、数式の構造と数値を同時に適応させていく手法を使用した。評価関数としては、実験値と数式の計算値の平均二乗誤差を用いた。

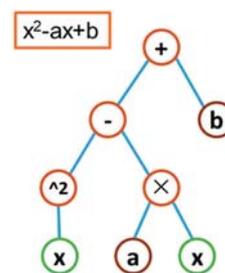


図 1 GP における数式の木構造表現例

3 結果と考察

実験データに対し、GP を用いて数式を適応させた際の推移を図 2 に示す。単純な平均二乗誤差を評価関数とすると複雑な数式が生成されたため、木構造が小さい式が生成されるように調整を行った。世代数 (適応処理回数) を重ねるごとに評価関数の値が減少しており、実験データに適応した数式が生成されていることが確認できた。

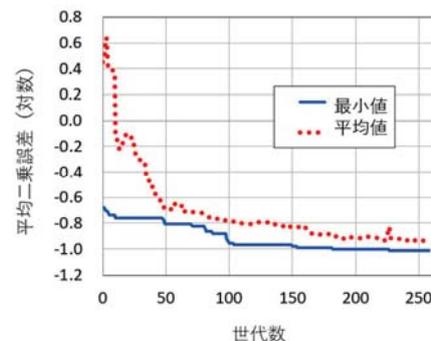


図 2 評価関数の推移

次世代自動車軽量化のための CNF 複合材の開発 —研究の背景と概要—

富士工業技術支援センター

CNF 科 ○大竹正寿 田中翔悟 河部千香 前田研司

工業技術研究所

化学材料科 木野浩成 菅野尚子 志田英士 小泉雄輔

1 目的

次世代自動車など自動車部材へのセルロースナノファイバー(CNF)の活用が、軽量化や、環境保全などの観点から世界的に期待されている。しかしながら、地域自動車関連企業の CNF 産業への参入に①樹脂・CNF の複合材を作製するための「マスターバッチ」が手に入らない、②マスターバッチを入手して試作をしても求める特性が得られないという2つの障壁があり、産業振興に結び付いていない。そこで、本プロジェクトでは、自動車用部材等の成形に必要なマスターバッチを開発し、県内企業にマスターバッチの提供と製造技術の普及を行うことにより、企業の CNF 関連産業への参入を推進する。

2 方法

企業の CNF 関連産業参入を推進するため、自動車で最も使われているポリプロピレン (PP) のマスターバッチを開発し、同時に、複合材の成形条件と CNF の分散性評価法の確立を行う(図)。このために、静岡大学や県内企業、行政機関が連携し、様々な機器を利用して研究を進める。

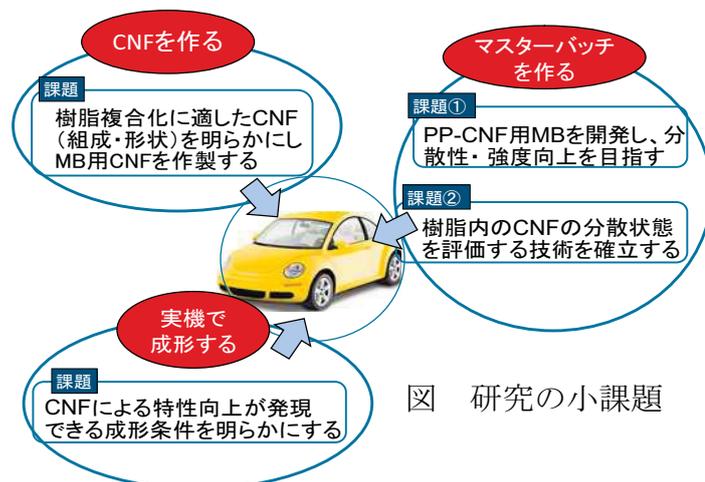


図 研究の小課題

3 結果と考察

今年度は小課題のうち、「CNF を作る」「マスターバッチを作る」の2つについて実施し、以下の結果が得られた。

1) 「CNF を作る」：マスターバッチ用 CNF の開発

CNF を作る前処理としてパルプのボールミル処理を行うと、粉碎時間の増加によりパルプがダメージを受けることが明らかとなった。さらに、CNF の繊維長の違いが複合材強度にもたらす影響について検討し、繊維の長い CNF の強度が高くなる傾向があることがわかった。このことから、今後の CNF の作製は、できる限りダメージを少なくし、繊維長を長く保つ条件を検討していくという方向性が見出された。

2) 「マスターバッチを作る」：樹脂・CNF 複合材の開発、分散性評価方法の確立

マイクロ X 線 CT 装置及び赤外分光測定装置 (FTIR) を利用し、樹脂中 CNF の分散状態を可視化することができた。また、FTIR については CNF 分散性について数値解析を行い試料間の比較をする技術を確認した。

また、2 軸混練機を用いて CNF と PP のマスターバッチを作製した。これから成形した複合材の強度は 10%以上向上し、CNF の分散状態も良好であった。

マイクロ X 線 CT による CNF 複合材の CNF 分散性評価

富士工業技術支援センター
CNF 科 ○田中翔悟

1 目的

セルロースナノファイバー (CNF) は木材等の植物繊維を微細化した素材であり、樹脂の強化材として使用すると高強度、軽量、低環境負荷など多くの付加価値を付与できることが期待されている。当センターでは令和元年度から県の新成長戦略研究「次世代自動車軽量化のための CNF 複合材の開発」に取り組み、従来の素材を代替して軽量化することができるポリプロピレン (PP) /CNF 複合材の開発を行っている。

CNF を樹脂に複合する際、強化材として有効に働くためには、CNF の繊維が樹脂中に良好に分散している必要がある。CNF は PP 中で容易に凝集してしまうため、PP/CNF 複合材の開発には樹脂中の CNF の分散状態を把握し、適切な対策をとることが重要となる。

樹脂中の繊維の分散状態を確認する手法としては、可視光による観察 (偏光、位相差顕微鏡等)、赤外分光イメージング、電子顕微鏡 (SEM, TEM)、X 線コンピュータトモグラフィー (X 線 CT) 等がある。X 線 CT は樹脂中に分散した繊維の形状を 3 次元的に観察できるため、複合材の評価に適した手法と考えられる。今回は、平成 30 年度当センターに導入したマイクロ X 線 CT により PP/CNF 複合材を測定し、PP 中のセルロース繊維の分散状態を確認した事例等を紹介する。

2 方法

測定に使用したマイクロ X 線 CT ((株) リガク 高分解能 3DX 線頭微鏡 nano 3DX) の外観を図 1 に示す。

測定試料は 1mm×1mm×3mm 程度の角柱状とし、X 線源には有機物の材料の違いを見分けるのに適した Cu ターゲットを使用した。測定条件の例を以下に示す。

レンズ： 測定視野 0.906mm×0.680mm

画素サイズ： 0.81 μm/voxel

撮影枚数： 600 枚

照射時間： 12sec/枚

1 試料あたりの CT 撮影時間 2 時間 14 分



図 1 マイクロ X 線 CT 外観

3 結果と考察

本研究で作製した PP/CNF 複合材のペレットを CT 測定により 3 次元観察した画像を図 2 に示す。セルロースの繊維が、PP 樹脂中で凝集を生じずに良好に分散していることが確認できた。また、観察された繊維は、ペレットの押出し方向に配向していることがわかった。

今後は、観察したセルロース繊維を定量し、微細化の程度を評価する手法の検討等を行い、PP/CNF 複合材の開発に活用していく予定である。

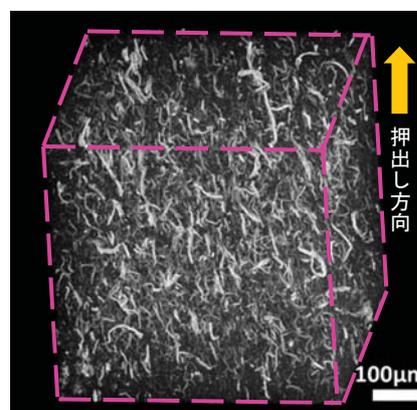


図 2 作製した PP/CNF 複合材の CT 像

赤外分光イメージングを用いた PP/CNF 複合材中の CNF 分散性の評価 — 試料間の数値的な比較 —

工業技術研究所

化学材料科 ○菅野尚子 志田英士 木野浩成
金属材料科 田中宏樹

1 目的

CNF 複合材（コンポジット）の試作-評価において確認すべきことの1つは、コンポジット中の CNF 分散性であり、現在、マイクロ X 線 CT(富士工技セ)、偏光顕微鏡及び赤外分光イメージング（本所）を用いて評価を実施している。これまでに、CNF の分散・凝集の区別は視覚的に捉えることができたが、物性の向上に必要な CNF 分散性の水準を評価するための指標がなかった。そこで、赤外分光イメージングを用いてコンポジット中の CNF 分散性を数値的に評価することを試みた。

2 方法

PP/CNF コンポジット試料の断面を調整し、ATR イメージング測定（装置：PerkinElmer 社製 Frontier-Spotlight400、分解能 8 cm^{-1} 、積算回数 4 回、ピクセルサイズ $1.56\text{ }\mu\text{m}$ 、測定サイズ $200\text{ }\mu\text{m}\times 200\text{ }\mu\text{m}$ ）を行った。得られた約 16,000 点の各ピクセルにおいて、スペクトル上の「セルロースピーク面積/PP ピーク面積」を計算しイメージング画像を構成した。これらを位置情報と共に数値として取り出し、窓枠サイズの異なる平均化フィルタを適用し、統計処理を行うことにより、試料間の CNF 分散性を比較した。

3 結果と考察

各窓枠サイズに含まれる各画素の標準偏差 (SD) と、窓枠内の画素の平均値 (Ave.) から、変動係数 $\text{SD}/\text{Ave.}$ (CV 値) を求め、窓枠サイズと CV 値との関係を図に示した。図中の 5 試料はいずれも試作した PP/CNF コンポジットであり、P、S1、S2 及び S3 の 4 試料はマスターバッチ (MB) を用いたもの、R は MB を使用せず原料からコンポジット化を行ったものである。

偏光顕微鏡観察結果と併せると、CNF の凝集が強い P は、窓枠の小さい領域で大きな CV 値を示した。S の 3 試料は S1、S2、S3 と試作を重ねる毎に曲線が緩やかになり、分散性が向上していることが示唆された。特に S3 は、窓枠サイズが $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下の領域で CV 値 1 以下を推移し、分散性が非常に良いと考えられる。一方、分散性が悪い MB 不使用の R は CV 値が高く、窓枠サイズが $20\text{ }\mu\text{m}$ より小さい領域での挙動は MB を使用した試料と異なる挙動を示した。

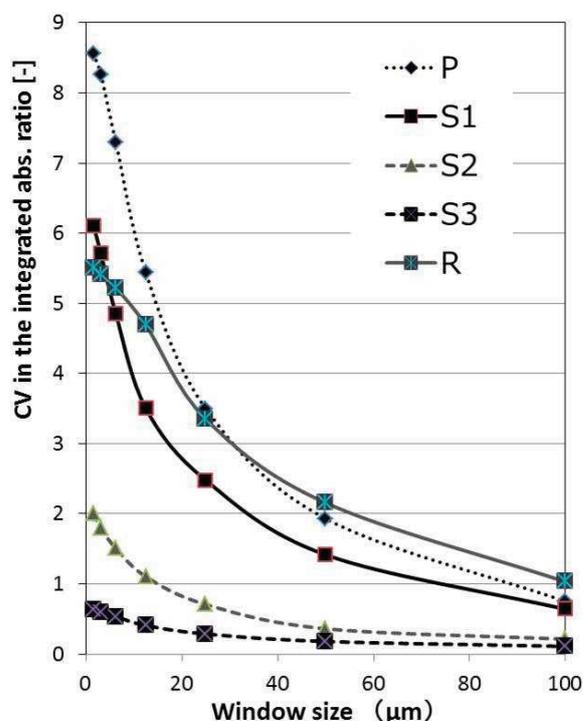


図 平均化フィルタの窓枠サイズと CV 値との関係

マスターバッチを使用した PP/CNF 複合材の混練・成形・評価

工業技術研究所

化学材料科 ○志田英士 小泉雄輔 菅野尚子 木野浩成
富士工業技術支援センター

CNF科

前田研司

静岡大学 農学部

青木憲治

1 目的

自動車の車体の軽量化には、樹脂/CNF 複合材の活用が期待されている。特に、自動車に多く利用されているポリプロピレン (PP) と CNF の複合材 (以下複合材という。) が求められている。しかし、複合材のマスターバッチ (MB) の入手が難しく、MB を入手しても求める物性を得られないという状況にある。

静岡大学では、CNF と PP を複合化する際に添加する分散剤に着目し、CNF と PP の複合化に適した分散剤やそれを用いた種材 (分散剤と CNF を反応させたもの) の開発を進めている。我々は、この種材を使用して MB 及び複合材を作製し、物性や分散性の評価に取り組み、複合材の物性を向上させるための混練条件、成形条件の検討を進めている。本発表では、複合材の開発状況及び試作・評価体制について報告する。

2 方法

本研究では、以下の手順で複合材の試作・評価を実施した。

(1) 混練

CNF 濃度 10%以上の MB を PP と混練し、CNF 濃度 1%の複合材を作製した。混練温度は、CNF の劣化を防ぐため 200°C未満とした。混練機から吐出された複合材を水冷した後、カットしてペレットにした。



図1 複合材のペレット

(2) 成形

(1)で作製したペレットを 80°Cで一晩減圧乾燥した後、熱プレス装置を用いて 180°Cで平板状に成形した。電動カッターで平板を切断し、短冊形の試験片に加工した。

(3) 物性評価

万能材料試験機を用いて(2)の試験片について引張試験及び3点曲げ試験を実施した。

3 結果と考察

試作した複合材のペレットを示す (図1)。物性試験の結果、CNF 濃度 1%複合材の曲げ強度が PP 単体の曲げ強度と比較して約 14%向上した (図2)。複合材の CNF 濃度を高くすることで、曲げ強度を更に向上できると考えられるため、今後その検討を進める。

また、二軸混練機、小型射出成形機他を使用して、ペレット原料から混練、成形、評価を一連で実施できるので、開発中の複合材の改良を進めるとともに、各社が提供している MB 及び複合材と比較を行う。

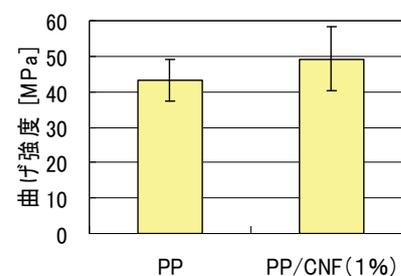


図2 複合材の曲げ強度

PP/CNF 複合材に対するめっき密着性の評価

工業技術研究所

金属材料科 ○田中宏樹
丸長鍍金株式会社 篠原恵吾

1 目的

ポリプロピレン (PP) は、低比重性、機械物性、優れた成型加工性などを持つことから、自動車部品用の樹脂材料のうち約半分を占め、自動車用プラスチック材料の主流となっている。しかし、PP には、意匠性、耐久性、電磁波シールド付与などのためのめっきが付きにくい欠点がある。一方で、セルロースナノファイバー (CNF) を分散させたポリアミドについて、めっきの密着性が向上することが報告されている。本発表では PP に CNF を添加することでめっき密着性が向上するかを評価した。

2 方法

試料の作製条件を表に示す。

めっき密着性の評価方法は、精密万能試験機 (株式会社島津製作所製オートグラフ AG-X plus) を用い、専用治具により 90° 剥離時のピール強度 (引きはがし強度) を測定した。

表 めっき試料の作製条件

	PP/CNF 複合材作製条件			めっき工程	
	PP	分散剤	CNF	前処理	めっき
条件1	PP-A	-	-	湿式+ UV 照射	ニッケル めっき+ 銅めっき
条件2		分散剤 I	-		
条件3		分散剤 I	CNF-A		
条件4		分散剤 II	CNF-B		
条件5	PP-B	-	-	湿式	
条件6		分散剤 III	CNF-C		

3 結果と考察

めっきの密着強度を図 1 に示す。分散剤 I を添加した試料 (条件 2、3) では CNF-A の有無によらず、めっきの密着強度が上昇した。また、条件 3 では条件 1 と比較して膨潤時の重量増加が約 1.5~1.7 倍となっていることが確認されており、UV 照射による粗化効果の増大 (図 2) が密着強度を上昇させた可能性が考えられる。湿式工程において、PP 単体 (条件 5) では十分な析出が得られなかったが、分散剤および CNF の添加 (条件 6) によって、高い密着強度を得られることが確認された。

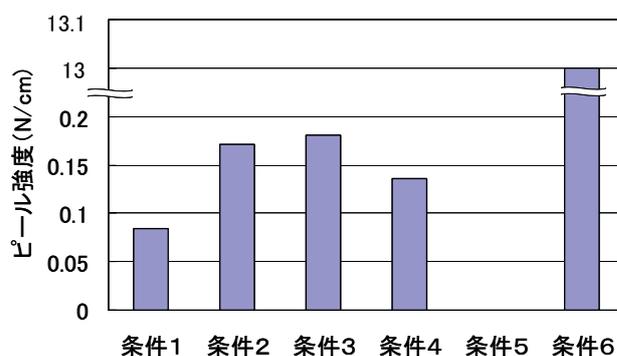


図 1 試料のめっき密着強度

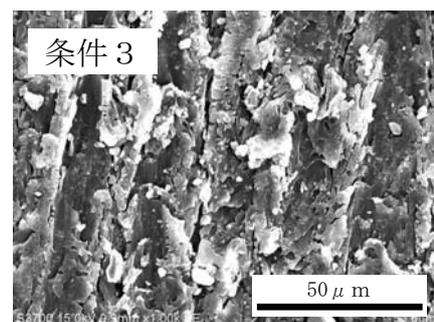
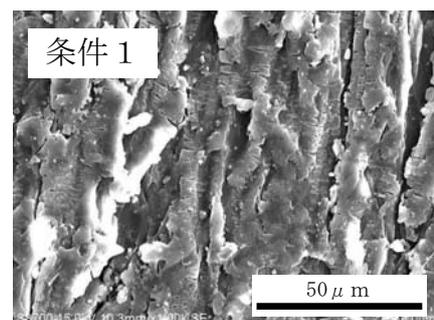


図 2 前処理後の電子顕微鏡写真

セルロースナノファイバーを添加したモルタルのひび割れと収縮

工業技術研究所

工芸科 ○村松重緒 長澤 正

1 目的

コンクリートは社会基盤を支えるインフラ材料で、設置後は長期間使用されることから、劣化の一要因であるひび割れ・収縮は好ましくない。本研究では、各社から提供されるセルロースナノファイバー（以下、CNF と略記する）の保水性に着目し、CNF の添加により、モルタルのひび割れと収縮を抑制できるか確認した。

2 方法

資材は、CNF 8 種（化学的解繊 2 種・機械的解繊 4 種・リグニン含有機械的解繊 2 種）、普通ポルトランドセメント、川砂、イオン交換水を用いた。水セメント比は 60%、CNF はセメント+砂に対し固形分 0.1 部相当を添加した。

モルタルスラリーは、JIS R5201²⁰¹⁵ セメントの物理試験方法に準拠して調製し、試験片①（φ90mm×H10mm）、試験片②（40mm×40mm×160mm）を作製した。養生は、試験片①は 20°C/65%（恒温恒湿室）、40°C（乾燥器）、60°C（乾燥器）、試験片②は調製 24 時間後に脱型して水中養生し、7 日後から 20°C/65%（恒温恒湿室）にて行った。

試料の評価は、重量変化の経時変化（試験片①）、90 日経過後の外観・拡大画像観察（試験片①）、長さ変化測定（試験片②）にて行った。

3 結果と考察

20°C/65%で養生した CNF 添加モルタルの重量は、10 日で概ね一定に落ち着いた。CNF 添加により重量変化が遅れた試験片が確認された。保水性が高い CNF の添加は、モルタルスラリー中の水分蒸発遅延と水和反応の緩和・延長に影響したと考えられる。

90 日経過試料の拡大画像を図 1 に示す。表面外観は CNF 添加モルタルの方が CNF 無添加モルタルよりも良好であった。化学的解繊 CNF 添加モルタルは凹凸とクラック、機械的解繊 CNF 添加モルタルはクラックが発生した。一部の機械的解繊 CNF 添加モルタルはクラックが発生せず、ひび割れ抑制には繊維長が長い CNF 添加が有利である可能性が示唆された。

178 日まで経過した各試料の長さ変化率の推移を図 2 に示す。CF1・CF2・MF5 添加モルタルの長さ変化率がブランク（CNF 無添加）よりも低く、化学的解繊 CNF・リグニン含有機械的解繊 CNF の添加が、収縮抑制（長さ変化率の低減）に効果が認められた。

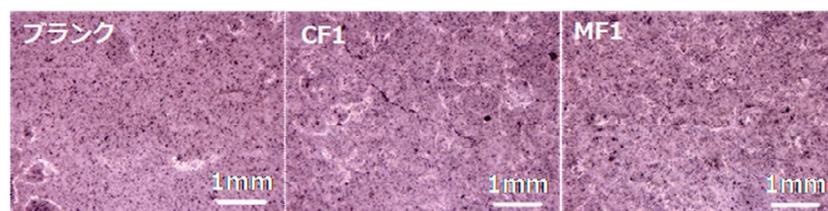


図 1 90 日経過試料の拡大画像

ブランク：CNF 無添加・ひび割れなし
 CF1：化学的解繊 CNF 添加・凹凸とクラック発生
 MF1：機械的解繊 CNF 添加・ひび割れなし

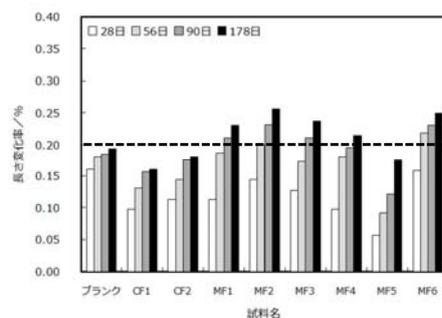


図 2 長さ変化率の推移

セルロースナノファイバーによる香り放散機構の解明

工業技術研究所

食品科 ○石橋佳奈 山下里恵 松野正幸

1 目的

化粧品素材として注目されているセルロースナノファイバー (CNF) は、保水性、乳化安定性、チキソトロピー性など化粧品にとって有利な特長を有している。また我々は、これらの特長以外に、CNF を活用することによって香りの放散が抑制することを明らかにした¹⁾。そこで本発表では、CNF の繊維長や香り成分を油層とする O/W エマルジョンの調製方法の違いによる香りの放散挙動の変化について報告する。

2 方法

2-1 試料調製

本試験では、繊維長の異なる TEMPO 酸化 CNF (TOCN) として、標準品 (800~1000 nm) 及びその短繊維品 (150~250 nm) を使用し、香りの放散量について比較を行った。

水溶媒に界面活性剤として PEG-30 水添ひまし油を 1 wt%、香り成分として D-Limonene を 2 wt%、及び TOCN を 0.3 wt% 添加し、ホモジナイザーで攪拌し、エマルジョン溶液を作製した。攪拌条件は 6000 rpm で、攪拌時間を 3 分間及び 30 分間の 2 条件とした。これを 0.3 wt% の TOCN 水溶液にて 4 千倍希釈し、試料溶液とした。また、対照として TOCN を添加しない試料 (Control) を作製した。

2-2 香り成分の放散挙動の測定

ステンレス板に施した凹部に試料溶液を塗布し、直ちにチャンバーに設置した。チャンバーに湿度 50 %R. H. の清浄空気を通気し、試料溶液塗布面から放散した D-Limonene を吸着剤 (Tenax TA 充填捕集管) に捕集した。サンプリングは放散開始から 5 分後と、1、3、5 時間経過後に行った。各捕集試料は加熱脱着 GC/MS 法にて分析し、内部標準に Toluene-d8 を用いて、D-Limonene 放散量を算出した。以上により、試料溶液からの経時的な香り成分の放散挙動を測定した。

3 結果と考察

図に、攪拌時間 30 分間における CNF の繊維長の違いによる D-Limonene の放散量の経時変化を示した。標準品と比較して、短繊維の TOCN 添加試料では、放散開始 5 分後から 5 時間後まで D-Limonene の放散量が多かった。これらの放散挙動について一次減衰モデルを適用して比較を行なったところ、放散 (減衰) 速度係数 k は、標準品で $k=0.267$ に対して、短繊維 TOCN は $k=0.221$ と短繊維の方が放散が僅かに緩慢に進行することが分かった。攪拌時間については、30 分間と 3 分間とで乳化状態や放散挙動に顕著な違いは認められなかった。

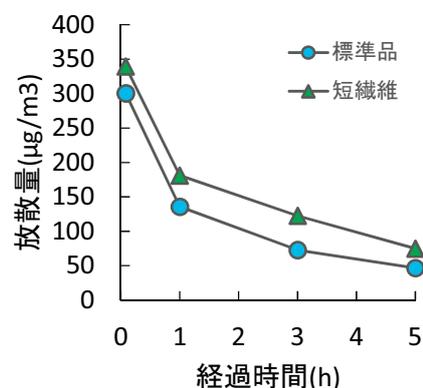


図 攪拌 30 分間における繊維長の異なる TOCN 添加による D-Limonene の放散挙動の変化

参考文献 1) 石橋佳奈、山下里恵、前田研司：セルロースナノファイバーによる香りの放散挙動 *Fragrance Journal* 誌, 48 (No. 11), 2019

静岡県産アカモクの機能性成分及び微生物評価

工業技術研究所

食品科

○浅沼俊倫 袴田雅俊

株式会社 GOLD BLUE 森 大樹 川崎 匠

1 目的

アカモクは褐藻綱ヒバマタ目ホンダワラ科に属する海藻で、ワカメ等と同じ褐藻の一種である。全国の沿岸部に広く分布し食用となるが、これまでは一部地域の郷土食等に用いられているのみで積極的な利用はされてこなかった。しかし近年になって、機能性成分を多く含むこと、収穫しやすい沿岸部に豊富な資源量が存在することなどから注目を集めており、各地でアカモクの産業化に関する取り組みが始まっている。

静岡県においても、株式会社 GOLD BLUE がアカモクの機能性成分を含んだ青汁や、保湿成分を利用したリフトアップクリーム等の販売を行っているが、これまで原料となるアカモクは他県産あるいは海外産のものを使用していた。この度、静岡県のアカモクの資源量を調査したところ、静岡市の用宗地区において原料として十分な量のアカモクが確認されたことから、今後は静岡県産のアカモクの利用を検討している。

本研究では、機能性成分フコキサンチンの含有量及び微生物量の評価を行い、他産地産と比較することで静岡県産アカモクの産業利用の可能性を探ることを目的とした。



図1 海中のアカモク



図2 収穫後の洗浄の様子

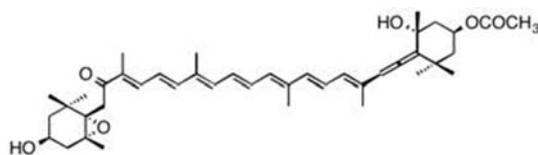


図3 フコキサンチンの構造式

2 方法

従来フコキサンチンの分析には HPLC が利用されてきたが、今回はより迅速で低コストの分析が行える UHPLC による定量分析法を開発し、分析を行った。また、微生物に関しては、一般生菌の評価の他、アカモクは茹でて食用に供することから耐熱性菌の評価も行った。

3 結果と考察

冷凍状態の生のアカモクからフコキサンチンを抽出する方法を開発し、同時に UHPLC 分析条件検討によりアカモク中のフコキサンチンの迅速評価法を確立した。また、微生物評価を行ったところ、産地間の微生物量に大きな差はなく、静岡県産アカモクは食品・化粧品原料として他産地産に代わり十分に利用が可能であると思われた。

緑茶葉の微細化素材開発

工業技術研究所

食品科

○松野正幸

西光エンジニアリング株式会社 岡村邦康 寺田輝子

1 目的

本県は茶（生葉）の収穫量及び栽培面積において全国1位を誇る茶の産地である。しかし、人口減少や家庭における緑茶の消費低迷等により、藤枝市を含む県内各地の茶産地で茶葉の生産量減少及び価格下落が大きな問題となっている。この問題を踏まえ、当研究所は西光エンジニアリング(株)、地元の茶農家及び食品加工業者らと連携して藤枝茶を取り巻く産業を活性化させるためのプロジェクトを推進している。

同プロジェクトの一環として、本研究では茶葉をナノレベルまで微細加工することで、セルロースナノファイバー(以下、CNF)様の粘度特性を発現させ、特に低級茶の活用促進につながる新たな食品素材の開発を目指した。

2 方法

原料は、大塚園（藤枝市）の緑茶葉3種類（①新茶葉、②茎茶葉、③番茶葉）及び④市販の茎茶葉を使用した(図1)。粉碎方法は、3種類の装置、ATOMZ（(株)石川総研製）、マスコロイダー（増幸産業(株)製）、及びスターバースト（(株)スギノマシン製）を候補とし、これらの組合せによる微細化を検討した。また、一部の微細化試料については西光エンジニアリング(株)のマイクロ波減圧乾燥機により濃縮を行った。作製した試料については粒度分布、粘度等の分析を行った。



①



②



③



④

図1 原料茶葉の外観（種類は本文参照）

3 結果と考察

粉碎工程については、ATOMZ で粗粉碎を行った茶葉を大型スターバースト（以下、SB）で微細化する方法を採用した。

作製した微細化素材の物性については、粘度測定の結果 CNF 様のチクソトロピー性は確認できなかったものの、一定の増粘効果は認められた。また、SB 加工後の試料をシャーレ上で乾燥させたところフィルムを形成した（図2）ことや粒度分布測定の結果から、茶粉末がナノ化していることが確認できた。



図2 茶粉末分散水の乾燥試験
（左：SB前、右：SB後）

新マイクロ波抽出技術による魚節フレーバー濃縮エキスの開発

工業技術研究所

食品科

有限会社西尾商店

東海大学海洋学部水産学科食品科学専攻

○渡瀬隆也

西尾透雄

後藤慶一

1 目的

「だし」の代替品に化学調味料が主流となっている。そこで、化学調味料によらない、本格的な「だし」の風味が味わえる商品の開発を目指し、失われがちな香りを補う、魚節フレーバー濃縮エキスの開発に取り組んだ。調理の世界では、「だし」をひいたあとに、火を止める直前にひとつかみの削り節を追加することで、揮発して失われてしまった香りを補強することがある。近年開発されたマイクロ波抽出装置を用い、揮発成分である香りを濃縮したエキスを開発することを目的とした。



図1 マイクロ波抽出装置

2 方法

魚節フレーバー濃縮エキス化に適した香り、呈味に強い特徴のある5種類の原料を選定した。マイクロ波減圧蒸留乾燥装置（(株)兼松エンジニアリング試作機）を用い、水分量調整、マイクロ波出力、タンク内圧力、蒸留目標温度、運転時間を検討し、エキス成分の抽出を行った。各原料とマイクロ波蒸留エキス、残渣、減圧水蒸気蒸留によるエキスの成分分析、官能検査（パネル5人）による比較を行った。

3 結果と考察

官能検査の結果、1000倍以上希釈しても、香りが感じられるエキス類が得られた（表）。抽出温度は40℃とし、鰹節のみ80℃でも抽出した。装置メーカーからは、高温では原料が焦げる可能性が指摘されていたが、焦臭は感じられなかった。他の原料もより多くの香りを回収するため、抽出温度の検討も必要と考えられる。

かつお節40℃抽出で用いた原料と残渣の水溶性成分を分析したところ、残渣のほうが遊離アミノ酸分析では多くなった。これはマイクロ波や冷凍保管と解凍により、たんぱく質の一部が遊離したと思われる。今後は香りエキスと各種抽出液を組み合わせることで、本格的な風味を醸す液体「だし」の開発につなげたい。

表 各エキス類における香りが感じられる最高希釈倍率

	いわし煮干し	さばかれ節	そうだ節	かつおかれ節	かつお節(40℃)	かつお節(80℃)
①マイクロ波蒸留エキス	10 ³	10 ⁴				
②マイクロ波抽出残渣	10 ¹	10 ³	10 ²	10 ¹	10 ²	10 ³
③だし	10 ²	10 ³	10 ³	10 ¹	10 ³	
④減圧水蒸気蒸留エキス	10 ³	10 ²	10 ²	10 ³	10 ³	10 ³

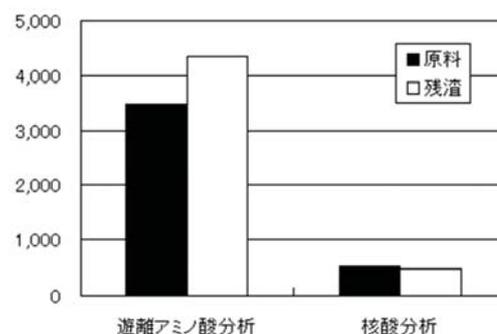


図2 かつお節40℃抽出原料と残渣の水溶性成分(mg/100g)

新規なこんにやくハンバーグの開発

工業技術研究所

食品科

○三宅健司

株式会社信光

岩崎真紗美

株式会社倉島食品

倉島康司

1 目的

こんにやくは古くから和食を中心に利用されてきた伝統食品の一つであり、特に冬の料理の定番である「おでん」、「鍋料理」には欠かすことのできない食材である。しかし、「食生活の多様化」や「食の欧米化」に伴い、こんにやくの消費量は減少傾向にある。また、水分量が多いことや独特の食感といった、こんにやく自体の特性は、他の加工食品への利用の難しさの一因となっている。一方、こんにやくは食物繊維が豊富に含まれていることから、健康食材としての需要は高く、最近では「糖質制限」などの健康志向や欧米で広まりつつある「ベジタリアン」や「ビーガン」向けの加工食品への利用が見込まれている。そこで、こんにやくの更なる消費拡大を目的として、昨年度までに「乾燥こんにやく」素材の開発を行い、加工食品への利用の可能性を検討してきた。本研究ではこの素材を用いて畜肉ゼロのハンバーグの開発を行い、その食感について評価を行った。

2 方法

今回開発したハンバーグは、一般的なハンバーグレシピを基本として、畜肉の代替としてミンチ状に加工した乾燥こんにやく素材（図1）と大豆タンパク質を用いた。次に、本開発品（図2）と市販されている大豆ハンバーグを、5分間ボイルし、常温まで冷ました後、クリープメーター（株式会社山電：RE-33005）で圧縮試験を行って測定結果を比較した。測定は、室温下でφ3mmの円柱プランジヤーを用い、圧縮速度1mm/sec、圧縮距離（歪率）95%で行った。



図1 乾燥こんにやく（ミンチ）



図2 開発したハンバーグ

3 結果と考察

開発品の破断応力は市販品と同等であったが、応力-歪曲線については、市販品と比較して、歪率の増加に伴い応力が大きくなる傾向を示した。

これらのデータは開発品を喫食した際に感じる、畜肉製のひき肉と同様の「噛み締め感」を裏付ける結果であると考えられた（図3）。

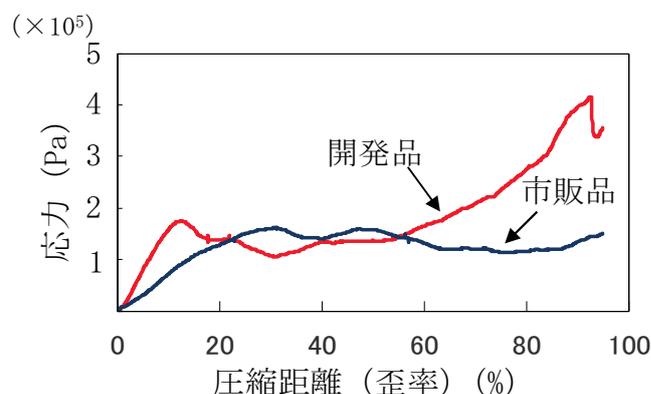


図3 ハンバーグの力学特性

機能向上を狙った静岡県産農産物の乳酸菌発酵

工業技術研究所

食品科 ○袴田雅俊 三宅健司 山下里恵

1 目的

農産物の食品素材としての機能性評価は全国各地で進められている。一方で、農産物を用いた化粧品開発も各地で盛んになってきており、化粧品素材としての皮膚への機能性の解明が求められている。静岡県は1,143品目の農林水産物が生産される食材の宝庫であることから、スキンケアに有効な素材の存在が期待される。そこで本研究では、皮膚への機能性を有する県産農産物を探索した。さらに、微生物発酵による機能の向上を狙い、収集・保存してきた県産物由来の乳酸菌で発酵処理し、その機能性を評価した。

2 方法

静岡県産農産物13品について凍結乾燥後、50%エタノールで成分を抽出した。この抽出物を用いて、皮膚に関する以下4種類の酵素阻害活性を評価した。



図1 抽出サンプル

皮膚のハリや弾力に重要なコラーゲンとエラスチン、皮膚の保湿に重要なヒアルロン酸、皮膚の着色に関与するメラニンに着目

した試験を行った。コラーゲン、エラスチン、ヒアルロン酸は加齢に伴って減少するといわれている。それぞれ、コラゲナーゼ、エラスターゼ、ヒアルロニダーゼの各酵素が成分を分解することから、これら酵素の阻害活性を評価した。また、皮膚ではメラニンが蓄積することでシミの原因となる。そこでチロシンをメラニンに変換する過程で作用する酵素チロシナーゼの阻害活性を評価した。

上記の試験で阻害活性のあった農産物2点について、乳酸菌処理が機能性に与える影響を評価した。乳酸菌は9種類を用い、10日間30℃で処理した。

3 結果と考察

試験に供した13品のうち、阻害率20%以上でコラゲナーゼ阻害活性を示したものの5点、エラスターゼ阻害活性を示したものの2点、ヒアルロニダーゼ阻害活性を示したものの9点、チロシナーゼ阻害活性を示したものの9点が見出された。

乳酸菌処理したサンプルについては、発酵の指標としてpHを測定した。サンプルAでは乳酸菌発酵が微弱であったが、サンプルBでは乳酸菌6株で初発pHが7.0だったものが、処理10日後にはpH4.0~3.5付近まで低下し、活発な乳酸菌発酵が認められた(図2)。また、乳酸菌処理により、酵素阻害活性の増強が見られた。

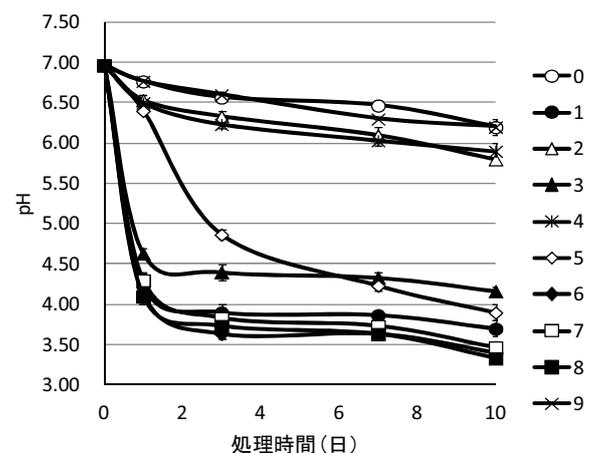


図2 サンプルBにおける乳酸菌発酵

No.0は乳酸菌未添加、

No.1から9は各種乳酸菌を添加

しずおか有用微生物ライブラリーを活用した静岡サワービールの開発 (II) —最適微生物株の選抜—

沼津工業技術支援センター

バイオ科 ○望月玲於 勝山 聡 鈴木雅博 岩原健二

1 目的

本県は、クラフトビール製造場数が 20 場と全国的にも多く (R1 末時点)、県内メーカーからは大手メーカー品等と差別化できる独自性や地域性のある商品開発について要望が寄せられている。そこで本研究では、主に乳酸菌由来の乳酸による酸味を特徴としたサワービールに注目し、当センター保有の「しずおか有用微生物ライブラリー」(以下、ライブラリー)を活用した静岡サワービールの開発を行うこととした。昨年度の発表では、市販サワービールの品質調査及びサワービール製造に適した乳酸菌株の一次選抜について報告した。その続報として、サワービール製造に適した乳酸菌株の二次選抜及び酵母株の育種・選抜を行ったので報告する。

2 方法

(1) 最適乳酸菌株の二次選抜

ライブラリー中の乳酸菌 5 菌種 5 株を麦汁モデル培地 (Muntons 社 Spray Malt medium、糖度約 13、ホップ無添加) で前培養日数を検討した。この前培養液を用い、50ml の麦汁中での培養 2 日後以内の乳酸生成量を指標に菌株を選抜した。乳酸は HPLC により定量した。

(2) 酵母株の育種及び最適酵母株の選抜

ライブラリー中の酵母 5 菌種 12 株をマルトース資化能やアルコール生成能の向上を目的とし、0.05%~0.2%の 2-デオキシグルコース (以下、2-DG) 含有 YPD プレート培地で継代培養を繰り返して馴化により 2-DG 耐性株を取得した。これら耐性株や元株、対照として市販ビール酵母をホップ入り麦汁モデル培地 (苦味価約 16、0.5%乳酸含有) に植菌し 20°C にて 14 日間発酵させ、アルコール生成量を指標に酵母株を選抜した。

3 結果と考察

今回の実製造試作においては乳酸が 2 日以内に速やかに生成されることが必要であるため、最も生成速度が遅い TIG-0625 以外の 4 株を、プラントスケール製造前のベンチスケール試作用株として選抜した (図 1)。

酵母 5 菌種 12 株から 2-DG 耐性の 3 菌種 8 株が得られ、NMZ-0688 (0.05% 2-DG 耐性) は市販ビール酵母と同等のアルコール生成能の向上が見られた (図 2)。これは、2-DG 耐性付与によるマルトースの資化性向上を含めた麦汁発酵性能の向上によると考えられた。当該株を乳酸菌と同様にベンチスケール試作用株として選抜した。

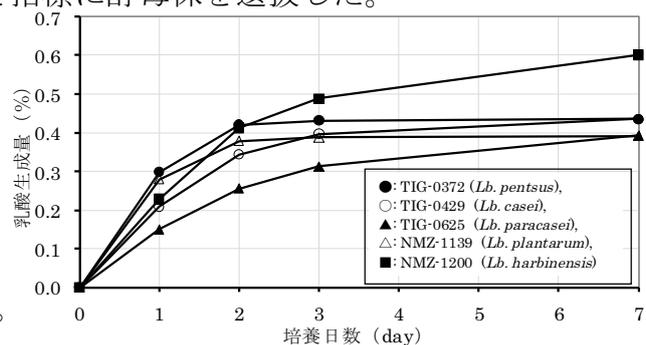


図 1 麦汁中における乳酸菌の乳酸生成量の経時変化

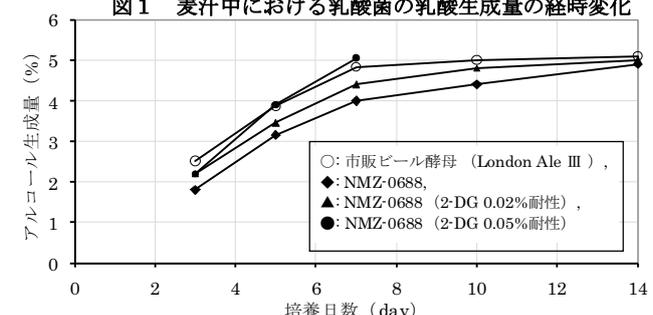


図 2 麦汁中における酵母のアルコール生成量の経時変化

しずおか有用微生物ライブラリーを活用した静岡サワービールの開発 (Ⅲ) —試作品の製造及び評価—

沼津工業技術支援センター

バイオ科 ○勝山 聡 望月玲於 鈴木雅博 岩原健二
株式会社蔵屋鳴沢 稲村秀宣 山田隼平

1 目的

本県は、クラフトビール製造場が 20 場と全国的に見ても多く (R1 末時点)、県内メーカーからは大手メーカー品等と差別化できる独自性や地域性のある商品開発について要望が寄せられている。そこで本研究では、主に乳酸菌由来の乳酸による酸味を特徴としたサワービールに注目し、当センター保有の「しずおか有用微生物ライブラリー」(以下、ライブラリー)を活用した静岡サワービールの開発を行うこととした。本発表では、これまでにライブラリー微生物から選抜・育種した試作用株の実用性評価を目的に、これら株を用いてベンチ及びパイロットスケールにおける試作並びに試作品の評価を行ったので報告する。

2 方法

(1) ベンチスケール試作及び試作品の評価

試作用株(乳酸菌 4 株、酵母 1 株)及び参考として市販ビール酵母 1 株を用い、乳酸菌と酵母の組み合わせや目標乳酸濃度を変え、2.5 l 規模で試作品を製造した(表)。試作品について、HPLC による有機酸分析等の成分分析やプロファイル法による官能評価を行った。

表 ベンチスケール製造実証試験方法

手順	工程	詳細
1	微生物前培養	培地: Muntons社製 SPRAY MALT mediumを用いて、糖度約13になるよう調整 条件: (乳酸菌) 30℃・1~2日間、(酵母) 30℃・7日間 菌株: (乳酸菌) TIG-0371、TIG-0429、NMZ-1139、NMZ-1200 のいずれか 1 株 (酵母) NMZ-1242又は市販ビール酵母の 1 株
2	乳酸発酵	1と同様に調整した麦汁に1/100量の乳酸菌前培養液を添加し、40℃・1~2日間静置
3	ホップ煮沸・冷却	苦味価が約16となるようホップを添加・煮沸した後、室温まで水浴冷却
4	アルコール発酵	この麦汁に1/10倍量の酵母前培養液を添加し、アルコール度が約5度に達するまで20℃にて数日間静置
5	瓶詰め・熟成	麦汁上清を瓶詰めし、12℃・5日間及び2℃・10日間以上静置し完成

(2) パイロットスケール試作及び試作品の評価

試作は(株)蔵屋鳴沢にて行った。現場用に原料等を一部変更し、表と同様の方法で 150 l 規模の試作品 1 点を製造した。試作品については、(1) 同様に成分分析及び官能評価を行った。なお、官能評価の対照には製法や香味等が異なる各種市販サワービールを用いた。

3 結果と考察

ベンチスケール試作品 10 点の官能評価の結果、乳酸菌 NMZ-1200 及び酵母 NMZ-1242 を用いて乳酸濃度約 0.5 % とした試作品が市販ビール酵母を使用した試作品を除き最も高評価だった。また、それらの株を用いてパイロットスケール試作品を製造したところ、問題なく製造可能であることを確認した(図)。当日は、この試作品の官能評価結果等についても報告する。



図 パイロットスケール試作品

県オリジナル酒造好適米新系統の醸造適性評価

沼津工業技術支援センター

バイオ科 ○鈴木雅博 勝山 聡
静岡県酒造組合 望月正隆

1 目的

本県オリジナル酒造好適米である「誉富士」は、県農林技術研究所で山田錦の γ 線照射による突然変異育種法によって選抜され、平成21年に品種登録されて以来、県内26醸造場で使用されている。「誉富士」で醸した酒は、ふくよかで雑味の少ない酒質になりやすく、評価も高い。しかし、単位面積当たりの収量が少ない、穂発芽しやすい、屑米が発生しやすいという面も持ち合わせている。最近では、収量の少なさから農家の経営上のリスクにも繋がっており、栽培面積の減少による酒造会社への供給不足も招いている。

農林技術研究所では、多収で、穂発芽しにくく、屑米も発生しにくい新系統の選抜を実施し、「静系酒96号」と「静系酒97号」を育種・選抜した。

本研究では、これら新系統酒米の醸造適性を誉富士を対照として評価することを目的とした。

2 方法

(1) 総米200gの清酒小仕込み試験

麴米は乾燥麴（徳島製麴株製）、掛米は県農林技術研究所で60%に精米した「静系酒96号」、「静系酒97号」、「誉富士」をそれぞれ使用し、総米200gの清酒小仕込み試験（酵母：静岡酵母New-5、3段仕込み、麴歩合20%、最高品温11℃）を行った。なお、経時的にアルコール度数の分析を行い、発酵が緩慢になったときにもろみの上槽を行った。各製成酒について、アルコール度数、日本酒度、酸度、アミノ酸度、吟醸香成分及び有機酸組成を分析した。

(2) 総米6kgのプラント規模清酒仕込み試験

麴米及び掛米ともに「静系酒96号」、「静系酒97号」、「誉富士」をそれぞれ用いた総米6kgのプラント規模清酒仕込み試験（酵母：静岡酵母New-5、3段仕込み、麴歩合20%、最高品温12℃）を行い、総米200gの清酒小仕込み試験と同様に製成酒の成分分析を行った。（1）の試験と同様に、経時的にアルコール度数の分析を行い、発酵が緩慢になったときにもろみの上槽を行った。

3 結果と考察

総米200gの清酒小仕込み試験を行った結果、もろみ期間中を通してアルコール度数の推移に酒米間で大きな差はなく、いずれの酒米も十分に清酒醸造適性を有していた。なお、当日は総米6kgのプラント規模清酒仕込み試験の結果についても報告する。

表 総米200g清酒小仕込み試験製成酒の一般成分

品種	Alc.(%)	日本酒度	酸度	アミノ酸度
静系酒96号-1*	16.20	-7	2.1	2.3
静系酒96号-2*	15.70	-6	2.2	2.1
静系酒97号-1*	15.30	-17	2.1	2.3
静系酒97号-2*	15.50	-17	2.1	2.3
誉富士-1*	15.70	-17	2.2	2.2
誉富士-2*	15.30	-18	2.2	2.0

* すべての品種において(n=2)で試験を行った。

静岡版メタン発酵プラントの実証化試験について

工業技術研究所

環境エネルギー科 ○太田良和弘 室伏敬太 鈴木光彰 宮原鐘一
三生医薬株式会社 井出貴啓 鈴木陵太 小伊藤拓海

1 目的

平成 26～28 年度の新成長戦略研究事業でメタン発酵に不向きな食品廃棄物(油分や固形分を多く含む)をメタン発酵しやすい原材料に変換する前処理技術を新規開発し、この技術を応用したメタン発酵パイロットプラントを試作した。この技術の有効性を実証できればメタン発酵工程が高効率化し、結果的に従来技術よりプラントが約 1/2 に小型化可能となり、メタン発酵プラントの製作コスト低減化を実現できる。

平成 29 年度からは実際の廃棄物により有効性を確認するため、試作のメタン発酵パイロットプラントを用いて食品製造工場にて実証化試験を実施している。

今回、令和元年度に実施した健康食品製造工場における実証化試験及びプラント導入に関する事業性評価の結果を報告する。

2 方法

(1) パイロットプラント実証化試験

パイロットプラントをゼラチンの廃棄を必要とする健康食品製造工場内に設置し、令和元年 5 月 10 日から 10 月 23 日の約 5.5 カ月間長期稼働試験を行った。

廃棄ゼラチン 5 kg (炭素含有量 29%、窒素含有量 7.9%)、工場生汚泥 5 kg を温水で希釈してメタン発酵原料 110L とし、投入有機物負荷当たりのバイオガス発生量から算出したメタン発酵効率と消化液中の残存炭素濃度によりシステム全体の性能評価を行った。

併せて稼働試験中のパイロットプラントの電力消費量や薬品使用量を調査し、ランニングコストの試算に用いるデータを収集した。

(2) 健康食品製造工場におけるメタン発酵プラント導入の事業性評価

バイオガスエネルギー利用や削減可能な廃棄物処理費用等の利益とプラント建設コスト、ランニングコストを加味して、廃棄ゼラチン日量 5 kg 処理実績から日量 1.5 トン処理の実プラントを導入した場合の事業性評価を以下のバイオガス利用設備 2 ケースで行った。

【ケース 1】25kW ガスエンジン (コジェネシステム) による電気・熱利用

【ケース 2】70kW ボイラーによる熱利用

3 結果と考察

廃棄ゼラチンは、原料中の窒素含有濃度を管理指標とすることにより、特別な前処理を必要とせず中温メタン発酵が可能で、安定的 (メタン発酵効率 907L/kg-TOC/d、メタン含有濃度 60.4%) にバイオガスを回収できることがわかった。

実証化試験で得られた結果から日量 1.5 トン規模の実プラントで事業性評価を実施した場合、ボイラーとの組み合わせが有利であることが示された。

また、ガスエンジン利用ケースにおいて、県の設備導入補助金 (1/3 補助) 活用と FIT 制度 (売電事業) 活用の事業性を比較した結果、補助金活用の収益性が高いことがわかった。

メタン発酵処理に適する食品廃棄物の性状に関する考察

工業技術研究所

環境エネルギー科 ○室伏敬太 太田良和弘 鈴木光彰 宮原鐘一

1 目的

メタン発酵は食品廃棄物や家畜糞尿、汚泥等の水分含有量の高い有機性廃棄物を嫌気性微生物に分解させ、発生したメタンガスをエネルギーとして利用できる環境調和に優れた廃棄物処理技術として古くから研究されている。一般的に、「メタン発酵処理に適する廃棄物の炭素と窒素の成分比（C/N比）は10～30である」と言われている。窒素は微生物の増殖に必須の元素であるため、C/N比が極端に高い（窒素が少な過ぎる）と微生物の増殖に影響を及ぼす。一方で、微生物増殖に必要な量以上の窒素はアンモニアに変換されるため、C/N比が極端に低い（窒素が多過ぎる）と過剰量のアンモニアが発酵液中に蓄積して微生物の活性を阻害してしまう。

当研究所はこれまでに様々な食品製造工場で発生する食品廃棄物のメタン発酵試験を行ってきた。対象とする食品廃棄物はタンパク質やアミノ酸を主成分とするものが多く、C/N比が10を大きく下回るものも存在した。本発表では、これら廃棄物のメタン発酵実験データを事例として紹介し、C/N比が極端に低い食品廃棄物を処理した場合のメタン発酵効率や運転管理の注意点について考察する。

2 方法

フラスコ規模のメタン発酵連続試験装置（図）を構築し、県内食品工場で発生する種々の廃棄物（表）を長期連続的に投入した。発酵槽へ投入する廃棄物懸濁液及び発酵槽から回収した処理液を全有機体炭素・全窒素計（TOC・TN計）で分析することで、廃棄物に含まれる有機物の分解率を算出した。また、発酵槽から発生したガス量を測定することで、廃棄物中の有機物に含まれる炭素当たりのガス発生量を算出した。



図 メタン発酵連続試験装置の外観

表 実験で使用した食品廃棄物

食品廃棄物種	TOC (mg-C/L)	TN (mg-N/L)	C/N
厚揚げ	94,000	10,600	8.9
豆腐	67,000	9,100	7.4
ゼラチン	280,000	77,000	3.6
魚煮汁	14,800	6,500	2.3

3 結果と考察

実験の結果、C/N比が2.3と極端に低い魚煮汁に関しても、適切な希釈率と供給速度を維持して発酵槽へ投入することで、効率的にメタン発酵処理できることが確認された。固形分を含まない魚煮汁は短い処理期間で分解されることから「低濃度に希釈して高速で発酵槽に供給する」ことが可能であったことが大きな要因である。アンモニア阻害を起こす廃棄物の性状は単純にC/N比のみで決まるものではなく、廃棄物の分解に必要な処理日数と合わせて判断することが重要であると分かった。

木工プレス機の荷重管理状況調査

工業技術研究所

工芸科 ○渡邊雅之 菊池圭祐 村松重緒 長澤 正

1 目的

工芸科では、天板などの接着不良の相談が寄せられた際は、接着力試験を行うなどして原因の究明を試みるが、圧縮圧の過不足が原因となる場合も想定されることから、現地で木工プレス機の荷重の測定を行う場合がある。また、トラブル以外でも、企業の要望で測定を行う場合もある。本調査開始前の4年間では、6事業所で現地測定を行ったが、荷重を正確に把握していない事例が多く見られた。そこで、本研究では、静岡県家具工業組合の協力のもと、木工プレス機の荷重の管理状況を現地調査を通じて把握し、情報を提供することで、適正な荷重管理を通じた製品の品質の改善に結びつけることを目的とした。

2 方法

現地測定の対象企業は、静岡県家具工業組合を通じ募集した。木工プレス機の荷重管理状況について、担当者からヒヤリングを行った上で、装置ごと複数の荷重設定での荷重値をマルトー・リング（環状ばね型力計、(株)丸東製作所製）を用い測定した。測定結果は装置ごとに報告書にまとめ、各社に提供した。

図 測定の様子



3 結果と考察

7企業、8事業所（うち、家具組合5企業6事業所）において、28台44機の木工プレス機の現地調査を行った（複数の定盤に分かれている2連、3連の装置は、それぞれ2機、3機と計上した）。調査した装置の荷重管理の状況を表に示す。荷重の管理方式は、ばねの縮み幅で行うものが26機と最も多く、ほかに油圧計によるものが7機あったほか、外観では不明なものも見られた。ばね方式の装置のうち、10機は「強」と「弱」のみの表示など、荷重値が記載されていなかった。荷重記載があった装置でも、実測値と±20%以上ずれている装置も多数見られた。測定を行った企業には、調査報告書を作成して提供し、荷重管理を可能にした。また、測定後にメンテナンスを行い、不具合の改善を行った事例や、装置ごとに最大プレス面積の制限を設けるなど、工程管理の改善に用いた事例の報告を受けており、調査結果は有効に用いられているものと考えられた。

表 調査した木工プレス機の荷重値管理の状況

測定総数	荷重管理方式		荷重の数値表示		荷重値と実測値比較	
			有り	無し (強弱のみなど)	±20%内	±20%以上
44機	ばね伸縮	26機	16機	10機	5機	11機
	油圧	7機	6機	1機 (ラム径不明)	3機	3機
	不明 (モータ電流値?)	10機	0機	10機	-	-
	エア圧 (ON、OFFのみ)	1機	0機	1機	-	-

衝撃荷重を想定した椅子の耐久性試験の提案

工業技術研究所

工芸科 ○菊池圭祐 渡邊雅之 村松重緒 長澤 正

1 目的

当研究所では、様々な家具の強度試験を行っているが、椅子の背もたれの試験の割合が36%と高い。これは、背もたれの破損によるクレーム案件が多いためである。使用状況を調査すると、人が勢いよく座った時に、座面と背もたれの接合部で破損する事例が多いことが分かった。椅子の背もたれの試験は、JIS S 1203:1998 に規定されているが、試験に合格しても使用中に破損してしまう事例が多発しており、荷重の負荷速度や回数などに関しては実使用状況を十分に反映しているか不明である。

そこで本研究では、人が椅子に勢いよく座った時に、背もたれにかかる衝撃荷重を計測し、それを再現できる新しい試験方法の提案を目的とした。本発表では、計測した衝撃荷重の特徴と今後の新しい試験方法への展開を紹介する。

2 方法

新家具総合試験機（株式会社ボールドウィン）の水平アクチュエータに、椅子の背もたれに見立てた木板を取り付け、その手前に座面に見立てたスツールを固定した。これらは、一般的な木製椅子の寸法、角度等に合わせて調整した。人が座って背もたれに力がかかると、水平アクチュエータに内蔵されているロードセルから荷重が検出されるという機構である。実験については、6人の被験者（体重51～85kg）を対象に、椅子に勢いよく座った時の衝撃荷重を測定した。各被験者とも座る動作を10回繰り返す、得られた荷重データのうち、最も高い荷重ピークを体重に対してプロットした。また、荷重のかかり始め（5N以上）から荷重ピークに達するまでの時間を算出した。

3 結果と考察

図1に、荷重測定データの一部を示す。荷重ピークが初期に検出された後、荷重は一定値に落ち着き、背もたれに寄りかかっている状態となっている。10回の荷重ピークのうち、最も高いピークを各被験者の体重に対してプロットしたものが図2である。体重が重い者ほど衝撃荷重が大きくなる傾向が見られた。しかし、例外的に大きな衝撃荷重も確認され、これは座り方（個人差）によるものと考えられる。全体として、602Nの衝撃荷重が最大であった。また、荷重のかかり始めから荷重ピークに達するまでの時間は、各被験者とも0.05秒程度ということが分かった。今後は、これらのデータをもとに、椅子の背もたれにかかる衝撃荷重を忠実に再現できる試験方法を検討していく。

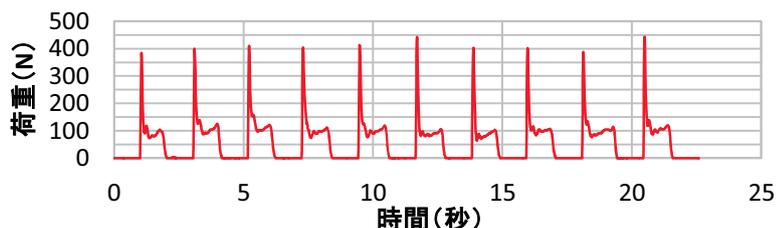


図1 荷重測定データの一部

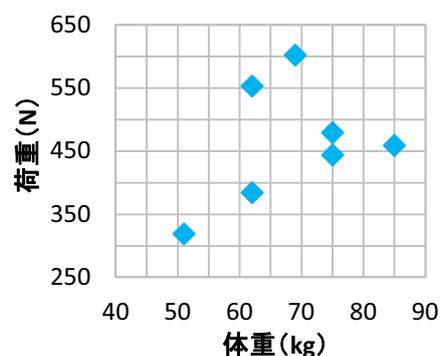


図2 体重に対する衝撃荷重

発泡体の構造解析に向けた材料特性パラメータの導出

工業技術研究所

ユニバーサルデザイン科

理化学研究所

ソフトプレシ工業株式会社 袴田恭正 前嶋文明

○船井 孝

横田秀夫

1 目的

スポンジやゴムのように柔らかい材料を対象とした力学的構造解析では、材料の変形挙動を再現するためにひずみエネルギー関数が用いられる。スポンジに代表されるクッション材の場合、圧縮方向に垂直な方向（横方向）への変形がほとんどない、すなわち体積変化が大きい、この変形を再現できるひずみエネルギー関数を使用する必要がある。これまでに、ひずみエネルギー関数を活用した研究は多数実施されているが体積変化を考慮したものは少なく、材料特性パラメータの導出について詳しく記載されたものはさらに少ない。

本研究では、クッション材を対象としていくつかのひずみエネルギー関数によるカーブフィットを実施したのでその結果を報告する。

2 方法

野島ら^{*}が実施したクッション材の圧縮試験を対象として、ANSYS 18.0 に実装されているひずみエネルギー関数（式（1）および（2））によるカーブフィットを実施した（ W :ひずみエネルギー、 λ_i :伸張比、 J :体積変化率、その他変数:材料特性パラメータ）。次に、それぞれのカーブフィットで得られた材料特性パラメータによる圧縮試験の再現シミュレーションを実施し（図1）、横方向の変形量を比較した。

$$W = \sum_{i=1}^N \frac{\mu_i}{\alpha_i} \left\{ J^{\alpha_i/3} \left(\bar{\lambda}_1^{\alpha_i} + \bar{\lambda}_2^{\alpha_i} + \bar{\lambda}_3^{\alpha_i} \right) - 3 \right\} + \sum_{i=1}^N \frac{\mu_i}{\alpha_i \beta_i} \left(J^{-\alpha_i \beta_i} - 1 \right) \quad (1)$$

$$W = \sum_{i=1}^N \frac{\mu_i}{\alpha_i} \left(\lambda_1^{\alpha_i} + \lambda_2^{\alpha_i} + \lambda_3^{\alpha_i} - 3 \right) \quad (2)$$

3 結果と考察

図2に、式（1）および（2）を使用した際の試験片の横方向の変形状態を示す。式（1）では横方向への変形は認められず、式（2）では大きく変形していることがわかる。式（1）はクッション材、（2）はゴムの変形挙動に近い、クッション材を対象とする場合、式（1）の使用が望ましいといえる。図2から、使用する関数が異なることで、同一の圧縮試験結果からであっても再現される変形挙動が大きく異なることがわかる。このことから、シミュレーションを実施する際には、対象となる素材の変形挙動の特性を把握し、適切なひずみエネルギー関数を選択する必要がある。

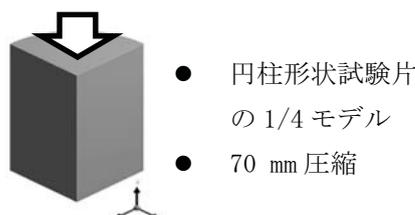


図1 圧縮試験再現シミュレーション

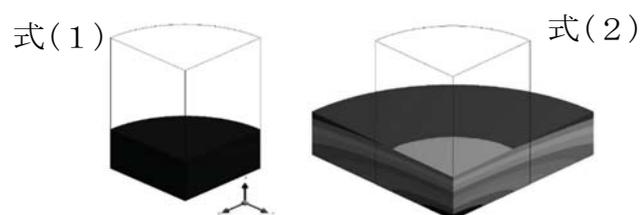


図2 圧縮試験再現シミュレーション

^{*}野島ら, 褥瘡予防材料使用時における生体内部応力の検討, 日本褥瘡学会誌, 7(4), pp. 785-791, 2005.

搾乳作業における身体負担を軽減するしゃがみ姿勢の提案

工業技術研究所

ユニバーサルデザイン科 ○大賀久美 船井 孝 多々良哲也

1 目的

酪農業界では、担い手の高齢化等に伴い、作業の負担軽減が求められている。

昨年度の酪農現場の調査より、酪農作業の特徴として、「搾乳作業が最も身体的に負担」、「搾乳作業中はしゃがみ姿勢が多い」、「搾乳作業中のしゃがみ姿勢は不安定」であることが分かっている。そのため、しゃがんで搾乳作業をしている間の体の負担を低減させるため、「床に膝をつけた片膝立ちをさせるアシストスーツ」を試作した(図1)。

本研究では、試作したアシストスーツを着用した場合は、何も着用しなかった場合と比べ、作業効率が同等であるか、主観的な疲労感が低減されているのか検討する。



図1 試作したアシストスーツ

2 方法

研究協力者は、健康な成人10名とした。姿勢条件は、アシストスーツを着用し片膝をついたしゃがみ姿勢(以下、アシストスーツ着用)と何も着用せず膝をつけないしゃがみ姿勢(以下、着用なし)の2条件とした。タスクは、搾乳作業を模した、前搾り、ディッピング、乳頭を拭く、搾乳機装着前準備という4つの作業とした(図2)。計測項目として、所要時間と主観評価を記録した。所要時間は、実験者がストップウォッチにより計測した。主観評価は、しゃがんでいる間の疲労感についてアンケート用紙を用いて5段階で評価してもらった。

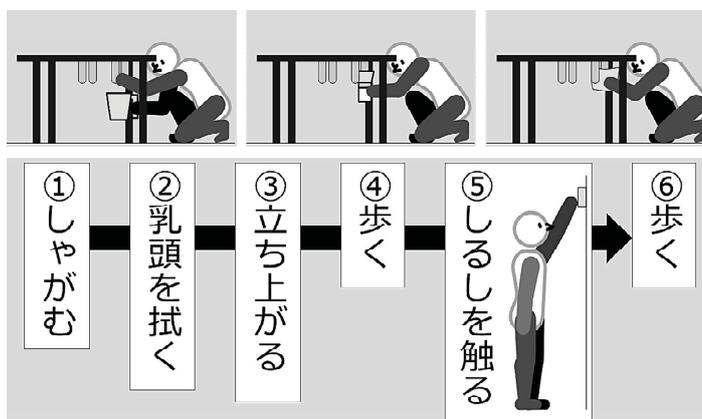


図2 上図：左から前搾り、ディッピング、乳頭を拭く、下図：搾乳機装着前準備

3 結果と考察

所要時間は、姿勢条件間で有意な差がなく(対応のあるt検定)、アシストスーツを着用しても着用なしと同等の作業効率であることが示唆された。

一方、しゃがんでいる間の疲労感は、着用なしのときと比べ、アシストスーツ着用のときの方が有意に小さかった(対応のあるt検定)。このことから、アシストスーツ着用により疲労感が低減されたことが示唆された。

令和元年度 静岡県工業技術研究所 研究発表会要旨集

令和2年8月18日発行

編集・発行 静岡県工業技術研究所
企画調整部

〒421-1298 静岡市葵区牧ヶ谷 2078 番地

電話 (054) 278-3028

F A X (054) 278-3066