

ISSN 0386-149X

# 岡山県工業技術センター報告

(Report of Industrial Technology Center of Okayama Prefecture)

第 44 号

平成 30 年 7 月

岡山県工業技術センター



## 目次 / CONTENTS

### 【 技術資料 / TECHNICAL REPORT 】

1 イグサ製敷物の接触冷温感評価 A Study on Contact Thermal Sensation of Rush Rug	川野 道則 Michinori KAWANO	1
2 筐体の影響を低減するアンテナ設置位置の数値解析による検討 Numerical Simulation of Antenna Position with Less Adverse Effect Caused by Shield Box	若槻 友里 渡邊 哲史 Yuri WAKADUKI Tetsushi WATANABE	3
3 合成繊維のインジゴ染色におけるアルカリ剤とpHの影響 Effect of Alkali Agent and pH on Synthetic Fibers with Indigo	國藤 勝士 松本 侑子 Katsushi KUNITOU Yuko MATSUMOTO	5
4 清酒製造場から単離した野生酵母の同定 Identification of wild yeast isolated in manufacturing setting of sake brewery	伊藤 一成 谷野 有佳 三宅 剛史 Kazunari ITO Yuka TANINO Tsuyoshi MIYAKE	7
5 次世代半導体素子SiC-MOSFETを使用した インバータの基礎研究 Basic study on inverter using SiC-MOSFET of next generation semiconductor device	勝田 智宣 笠 展幸 Tomonori KATSUTA, Nobuyuki KASA	10
6 加工現象解析システムによるTi合金加工現象の可視化 Visualization of Heat-treated Titanium Alloy Turning with Cutting Phenomenon Analysis System	松岡 大樹 余田 裕之 西田 典秀 亀山 寛司 Hiroki MATSUOKA Hiroyuki YODEN Norihide NISHIDA Kanji KAMEYAMA	12
7 電解砥粒研磨により得られるアルミニウム合金の表面微細構造 Surface Microstructure of Aluminum alloy Obtained by Electrolytic Abrasive Polishing	築山 訓明 村上 浩二 辻 善夫 渡邊 哲史 Kuniaki TSUKIYAMA Koji MURAKAMI Yoshio TSUJI Tetsushi WATANABE	14

8	振動試験実施可否判定ソフトウェアの開発  Development of Feasibility Software Before Vibration Test	辻 善夫  Yoshio TSUJI	18
9	有限要素法を用いた細径McKibben型人工筋肉の数値解析  Numerical analysis of small diameter McKibben type artificial muscle using finite element method	岩田 和大 湯崎 真弘 脇元 修一  Kazuhiro IWATA Masahiro YUZAKI Shuichi WAKIMOTO	22
10	畳み込みニューラルネットワークの全結合層階層化によるパラメータの削減  Reduction of the number of parameters by hierarchization of fully connected layer of convolutional neural network	平田 大貴 高橋 規一  Daiki HIRATA Norikazu TAKAHASHI	24
11	製造業におけるイノベーション戦略の策定手法  Designing Methods for Innovation Strategy of Manufacturing Industry: Case Study of the Automobile Industry	常定 健 児子 英之 永山 則之  Takeshi TSUNESADA Hideyuki NIGO Noriyuki NAGAYAMA	27
12	ステンレス鋼へのVibrio parahaemolyticusの付着におよぼすpHの影響  Effect of pH on adhesion of Vibrio parahaemolyticus on stainless steel	高橋 和宏 竹原 淳彦 浦野 博水  Kazuhiro TAKAHASHI Atsuhiko TAKEHARA Hiromi URANO	30
13	エレクトロスピンニング法を用いたセルロースナノファイバー複合繊維の作製  Preparation of CNF/PVA Composite Fiber using Electro Spinning Method	藤井 英司 古谷 充章  Eiji FUJII Mitsuaki FURUTANI	32
14	セルロースナノファイバー/銀ナノ粒子複合材料の開発  Development of cellulose nanofiber / silver nanoparticulates composite materials	古谷 充章 藤井 英司  Mitsuaki FURUTANI Eiji FUJII	34



15 PP / PP 織物複合材料の機械的特性	甲加 晃一 日笠 茂樹 西谷 哲 土居 正典	36
Mechanical Properties of PP / PP Woven Fabric Composites	Kouichi KOUKA Shigeki HIKASA Tetsu NISHITANI Masanori DOI	
16 EPDM 表面のフッ素化による耐塩素性の向上	岩路 仁 石田 拓也 森 一高 田淵 久徳	38
Improvement of Chlorine Resistance by Fluorination of EPDM Surface	Hitoshi IWABUKI Takuya ISHIDA Kazutaka MORI Hisanori TABUCHI	
17 6 インチカーボンターゲットを用いた大電力インパルスマグネトロンスパッタリングにおける放電特性	國次 真輔	40
Discharge properties of 6-inch carbon target by high-power impulse magnetron sputtering	Shinsuke KUNITSUGU	
18 第一原理計算による金属 / 樹脂の接合性評価(第2報)	中西 亮太 末岡 浩治	42
Evaluation method for bondability between metal / resin interfaces through the first principles calculation(The 2nd.Report)	Ryota NAKANISHI Koji SUEOKA	

## 【 外部発表 】

(誌上発表)

- |  |  |    |
|--|--|----|
| 1 岡山県工業技術センター  | 國藤 勝士  | 45 |
| 2 表面処理したセルロースナノファイバー粉末の開発  | 川端 浩二  | 45 |
| 3 Quantitative evaluation of haze formation of koji and progression of internal haze by drying of koji during koji making                                      | 伊藤 一成<br>五味 勝也<br>狩山 昌弘<br>三宅 剛史                 | 46 |
| 4 ステンレス鋼表面に吸着したタンパク質の除去における亜塩素酸ナトリウムの洗浄作用  | 高橋 和宏<br>田中 礼士<br>福崎 智司                          | 46 |
| 5 視点   | 松本 侑子  | 47 |
| 6 Extension of the frequency range of normal incidence sound absorption coefficient measurement using four or eight microphones                                | 眞田 明   | 47 |
| 7 ステンレス鋼表面に付着したVibrio parahaemolyticus の除去における亜塩素酸ナトリウムの洗浄作用   | 高橋 和宏<br>田中 礼士<br>福崎 智司                          | 48 |
| 8 高密度ポリエチレン／フィラー複合材料の力学特性  | 日笠 茂樹<br>甲加 晃一                                   | 48 |
| 9 赤外分光分析の基礎と応用事例   | 浦部 匡史  | 49 |
| 10 EHEDG が提唱する食品製造機械の定置洗浄性の評価試験方法の概要   | 高橋 和宏  | 49 |
| 11 An experimental study of flow and heat transfer characteristics of natural convection heat transfer from a horizontal heated surface with a heated cylinder | 下山 力生<br>堀部 明彦<br>春木 直人                          | 49 |
| 12 高密度ポリエチレン／フィラー複合材料の衝撃破壊挙動—衝撃破壊挙動の温度による変化—   | 日笠 茂樹<br>甲加 晃一                                   | 50 |
| 13 ポリエチレンテレフタレート板に収着したクルクミンの脱色における酸性化亜塩素酸ナトリウム水溶液の効果   | 竹原 淳彦<br>高橋 和宏<br>福崎 智司                          | 50 |
| 14 おかやま次世代自動車プロジェクトで開発したモータの構造と熱対策   | 勝田 智宣<br>吉田 寛<br>北織喜久三<br>小野 裕行<br>岩部広太郎<br>笠 展幸 | 50 |

(口頭発表)

51

# 技 術 資 料



# イグサ製敷物の接触冷温感評価

A Study on Contact Thermal Sensation of Rush Rug

川野 道則

Michinori KAWANO

キーワード イグサ / 敷物 / 接触冷温感 / 初期熱流束最大値 (qmax)  
KEY WORDS Rush / Rug / Contact Thermal Sensation / Initial Maximum Heat Flux (qmax)

## 1 はじめに

イグサ (学名: *Juncus decipiens* (Buchenau) Nakai) は、表面が密な構造の表皮、中心部が中空構造の星状細胞からなっており (図1)、畳表やござなどとして利用される植物である。明治11年 (1878年) 現在の倉敷市茶屋町出身の磯崎眠亀 (いそざきみんき) の発明により、錦莞筵 (きんかんえん) と名付けられた緻密なござが完成した<sup>1)</sup>ことや1960年代まで岡山県が日本最大のイグサ産地であったこともあり、現在も県内にはイグサ製品を取り扱う企業が多い<sup>2)</sup>。

イグサ製の花ござや座布団は、触れた際にひんやりとすることもあり、夏に使用されることが多い。接触時の冷温感に及ぼす因子として、熱的特性、吸放湿性、感覚点への刺激などが考えられるが、ここでは接触時の熱的特性について、他の敷物との比較によって評価した。

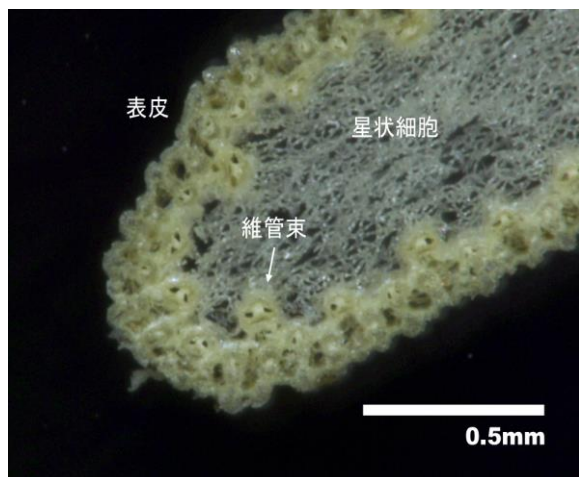


図1 イグサの断面

状プレスラフト (5cm<sup>2</sup>) を用い荷重50gfで測定した (表1)。

表1 試料

10g/cm <sup>2</sup> 時の厚さ(mm)	
イグサラグA	1.2
イグサラグB	2.5
冷感敷きパッド	4.7
タフトカーペット	5.8
保温シート	2.3
ブルーシート	0.30

接触時熱特性は、カトーテック株式会社製 KES-F7サーモラボを用いて評価した。あらかじめ熱源となる3cm×3cm、質量9.79gの銅板を有するT-Boxを定温台上で30℃とし、敷物試料は別の定温台上で20℃とした。測定台の影響を確認するため、20℃の定温台上の試料にT-Boxを接触させた場合と、20℃の定温台から厚さ40mmのポリスチレンフォーム上へ移した後、試料にT-Boxを接触させた場合とで測定した (図2)。

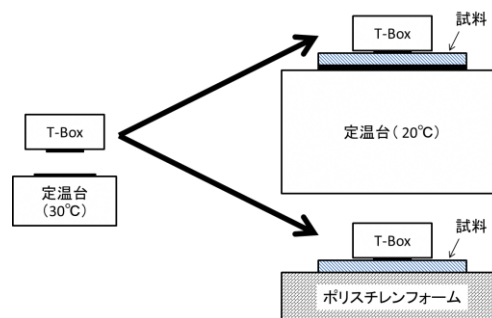


図2 接触熱特性測定方法

## 2 実験方法

敷物試料は、市販されているイグサラグA、イグサラグB、冷感敷きパッド、ポリプロピレン製タフトカーペット、発泡ポリエチレン製保温シート、ブルーシートをそのまま使用した。厚さは、円板

## 3 結果と考察

20℃定温台上で測定した場合 (図3)、2秒までに見られる初期の傾きは、冷感敷きパッドとブルーシートが同程度で最も大きかったが、その後熱を

伝えやすいブルーシートの低下が大きいのに比べ、冷感敷きパッドの低下は緩やかとなった。2種類のイグサラグは、初期の傾きが同等であったが、その後Aの方が大きく低下した。これは、Aの方が薄く熱を伝えやすいためと考えられる。また、定温台上に直接T-Boxを接触させた試料無しでは急速な温度低下が確認された。

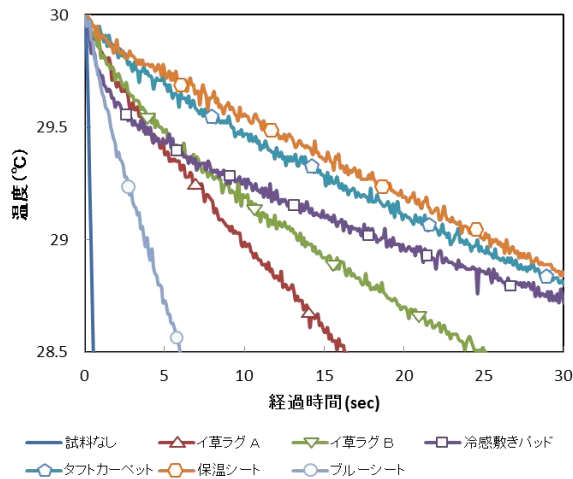


図3 定温台上での温度変化

図4にポリスチレンフォーム上で測定した場合の経時変化を示す。初期の傾きは20℃定温台上と同様に冷感敷きパッドとブルーシートが最も大きく、その後も30秒までは両試料とも同様な曲線となった。イグサラグは両試料とも初期の傾きが同等であったが、その後Bの方が温度が速く低下した。これはBの方が厚く熱容量が大きいためと考えられる。冷感敷きパッドとタフトカーペットは両測定台で同様な温度曲線となったが、これは熱伝導が小さいためと考えられる。また各試料とも、初期の傾きは20℃定温台上とポリスチレンフォーム

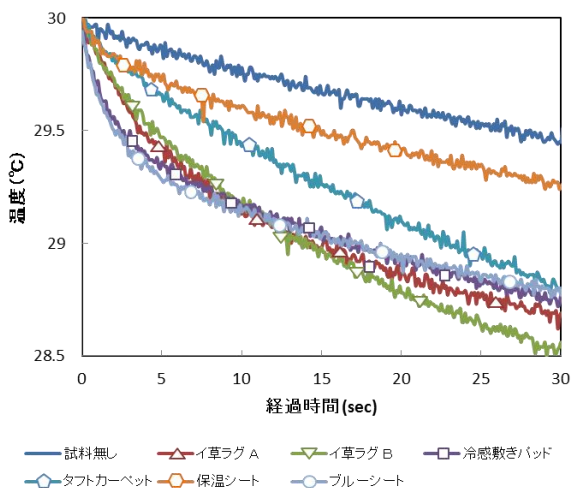


図4 ポリスチレンフォーム上での温度変化

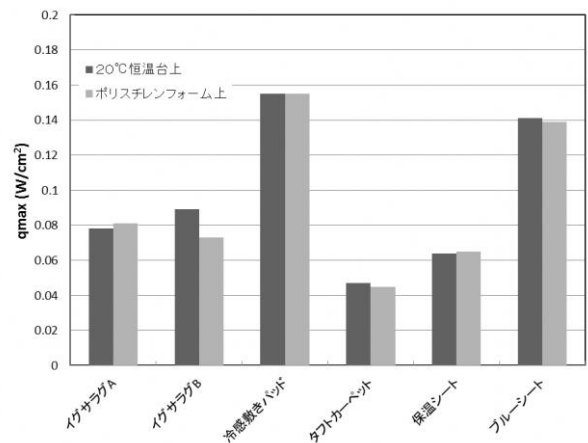


図5 各試料のqmax値

上で、大きな違いは認められなかった。

最後に接触冷感の指標としてよく用いられる初期熱流束最大値 ( $q_{max}^{3,4}$ ) の結果を図5に示す。阿部らの報告<sup>5)</sup>では、普通イグサごしが $0.083W/cm^2$ 、ウールハイLOOPカーペットが $0.054W/cm^2$ であるので妥当な値であること、また測定台の影響が小さいことが確認できた。 $q_{max}$ は大きい方から、冷感敷きパッド、ブルーシート、イグサ製、保温シート、タフトカーペットの順となり、イグサ製の敷物は冷感を感じやすい敷物であることが確認できた。イグサ製と冷感敷きパットの感覚的な差に比べて $q_{max}$ の差が大きかったが、微小な凹凸のある試料では、ある程度の形に追従する皮膚に対して金属板では接触面積が小さくなるものが影響しているものと考えられる。

なお、T-Boxを20℃定温台上に直接接触させた場合の $q_{max}$ は $1.0W/cm^2$ 、ポリスチレンフォームに接触させた場合は $0.03W/cm^2$ であった。

#### 謝辞

敷物試料をご提供いただきました(株)大島屋に感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 中里新太郎：工業化学雑誌，7，564（1904）
- 2) 池田彩乃，井坂万由，大西礼夏，淡野寧彦：岡山県瀬戸内海沿岸地域におけるい草関連産業の存続形態，愛媛大学 地域創成研究年報，第12号（2017）
- 3) 川端季雄，赤木陽子：繊維機械学会誌，30，T13（1977）
- 4) 妹尾順子，米田守宏，丹羽雅子：家政学雑誌，37(12)，1049（1986）
- 5) 阿部眞理，白石照美，金恵蓮，シム テークチン，戸塚泰幸：デザイン学研究，60(6)，55（2014）

# 筐体の影響を低減するアンテナ設置位置の数値解析による検討

Numerical Simulation of Antenna Position with Less Adverse Effect Caused by Shield Box

若槻 友里・渡邊 哲史  
Yuri WAKADUKI, Tetsushi WATANABE

キーワード 電磁シールド / シールド測定 / 測定システム / 磁気シールド  
KEY WORDS Electromagnetic shield / Shield measurement / Measurement system / Magnetic shield

## 1 はじめに

電子機器を格納する筐体に対して、外部へ不要な電磁波を漏えいさせないための電磁シールドが必要とされている。筐体の電磁シールド性能と、機器の大きさ・重量や放熱性能はトレードオフの関係にあり、樹脂材料による軽量化や、穴あき構造による放熱性能の向上によって、シールド性能は低下する。電子製品の開発の段階で筐体のシールド性能の評価を行なう必要があるが、現状では筐体のシールド効果を測定する標準的な手法は確立されていない。

そこで本研究では、筐体について30 MHz以下の周波数で磁気シールド効果を測定する方法を検討している<sup>1)</sup>。この方法では、実際にシールド材料の箱状サンプルを作製し、その内部に送信用ループアンテナを、外部に受信アンテナを置き、送受信アンテナ間の電磁波の減衰量を測定してシールド効果を求める。

これまでの検討では、筐体内に設置する送信アンテナの作製を行った<sup>2)</sup>。巻き数の異なる2個のループアンテナを平行に並べ、低周波用アンテナと高周波用アンテナをスイッチにより切り替えることで、30 MHz以下の全ての周波数において十分な放射量が得られることを示した。この際、アンテナ特性の評価は筐体無しアンテナ単独で行った。

実際にシールド効果の測定を行う際、送信アンテナは筐体の内部に設置して使用する。筐体の有無でアンテナ特性が変わらないのが望ましいが、アンテナと筐体の金属面が近接することによって特性に影響が生じる可能性がある。本報告では、筐体内に設置した場合のアンテナ特性を数値解析によって求め、筐体の影響が小さい設置位置を検討した。

## 2 数値解析モデル

図1に筐体内に設置した送信アンテナの三次元解析モデルを示す。解析ソフトは CST 社

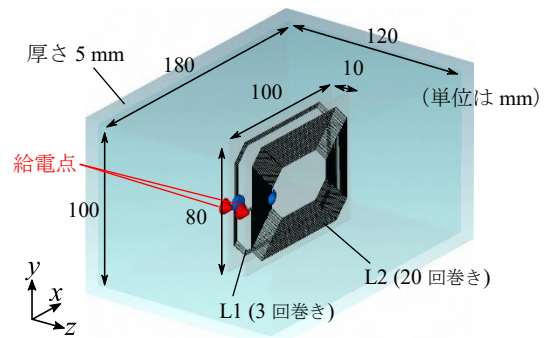


図1 三次元解析モデル

MICROWAVE STUDIO を用いた。L1が高周波用、L2が低周波用のアンテナで、ループの巻き数はL1で3回、L2で20回である。L1、L2とも100 mm × 80 mm の大きさのプリント基板上にパターン形成し、平行に配置する。給電点は図1に示す位置とする。アンテナ間距離は、相互誘導の影響が十分小さくなるように10 mm とする<sup>2)</sup>。

筐体のサイズは内寸180 mm × 100 mm × 120 mm で、厚み5 mm である。理想的な導体である完全導体で表現した。筐体中心を原点  $O$  として、送信アンテナの中心を  $O'$  とする。 $O=O'$  の位置を基準（オフセット無し）として  $x$ 、 $y$ 、 $z$  各方向にアンテナの位置をオフセットさせた。

今回はア)  $x$ 、 $y$ 、 $z$  方向のオフセット量の影響、イ) L1、L2の配置の影響の2点について検討した。ア)では、各一方向のみにオフセットを与えて解析を行った。各方向のオフセット量を  $offset_x$ 、 $offset_y$ 、 $offset_z$  で表し、各値の取り得る範囲は、アンテナが筐体に接触しない範囲で  $-40 < offset_x < 40$ 、 $-10 < offset_y < 10$ 、 $-55 < offset_z < 55$  (単位は全て mm) である。今回は  $offset_x=20$  及び  $30$ 、 $offset_y=5$ 、 $offset_z=35$  及び  $45$  とした。

イ)では、L1が筐体に近接する配置 ( $offset_z=-45$ ) と L2が近接する配置 ( $offset_z=45$ ) で比較した。

## 3 解析結果

アンテナの特性を示すパラメータとして、L1、L2のそれぞれの給電点から見たインピーダンスパラメータ  $Z_{11}$  及び  $Z_{22}$  で解析結果を評価した。



図2にア)  $x$ 、 $y$ 、 $z$  方向のオフセット量の影響の解析結果を示す。大きな影響の見られた  $Z_{22}$  の結果を示している。オフセット無しの場合と比較して、影響が生じるのは  $z$  方向にオフセットを与えた場合のみであった。すなわち、図1に示す構造の  $x$  及び  $y$  方向のアンテナの基板端については、筐体に近接しても影響がないが、 $z$  方向のアンテナのループ面が筐体に近接することで影響が生じる。 $offset_z=45$  とした場合が最も影響が大きく、オフセット無しの場合と比較して 5 dB 程度  $Z_{22}$  が減少した。

図3にイ) L1、L2の配置の影響の解析結果を示す。 $Z_{11}$ 及び  $Z_{22}$ の結果を示している。 $Z_{11}$ 、 $Z_{22}$ 共に  $z$  方向のオフセットの影響が生じているが、その大きさは  $Z_{11}$ と  $Z_{22}$ で異なっている。 $Z_{11}$ では L1が筐体に近接する場合 ( $offset_z=-45$ ) の影響が大きく 2 dB 程度インピーダンスは減少しており、 $Z_{22}$ では逆に L2が筐体に近接している方 ( $offset_z=45$ ) の影響が大きく 5 dB 程度インピーダンスは減少する。また共振周波数も 5 MHz 程度高周波へずれる。言い換えれば、筐体により近接しているアンテナの給電点から見たインピーダンスパラメータが影響を受けると言える。

このような影響が生じる要因は、ループ面と筐体との容量性及び誘導性結合と考える。 $z$  方向にアンテナ位置をオフセットするとループ面と筐体が近づくため、その間の容量は増大する。また、筐体の金属面にループの鏡像が生じて結合が起こる。L2は巻き数が多く金属部分の面積が大きいため、筐体との間の容量はより大きくなり、誘導性結合も強くなる。これにより給電点から見たインピーダンスが変化すると考える。

以上より、送信アンテナは巻き数の多いアンテナを筐体中心側に配置するのが望ましい。また、解析により、現在の構造であれば L2のループ面と筐体との距離が 20 mm 程度離れていれば影響は 1 dB 未満となる結果が得られた。

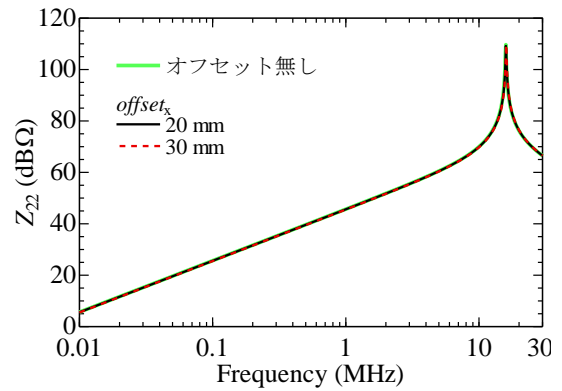
#### 4 まとめ

本報告では、筐体内に送信アンテナを設置した場合について、アンテナ特性への筐体の影響が小さい設置位置を検討した。筐体の影響が生じる要因はループ面と筐体との容量性及び誘導性結合であり、現在の構造であれば巻き数の多いアンテナを筐体から 20 mm 程度離せば十分影響が小さくなる結果を得た。

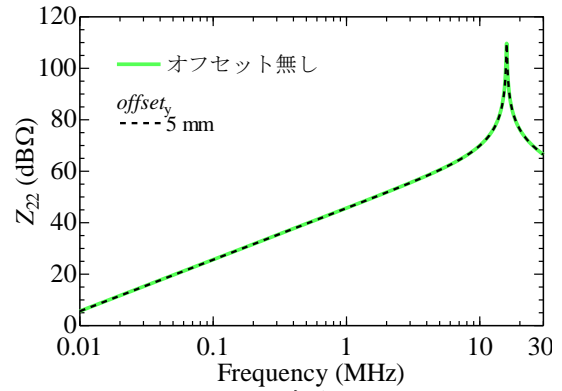
今後はループ面と筐体との結合がシールド性能に与える影響についても検討する予定である。

#### 参考文献

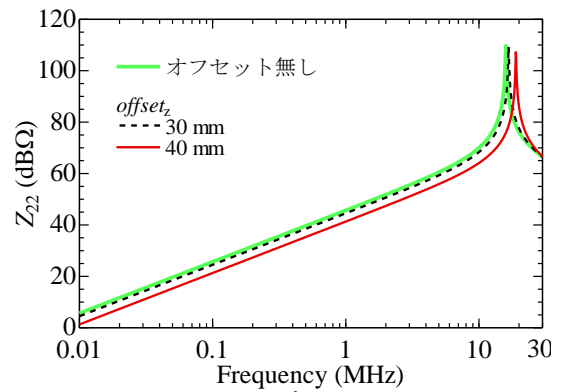
1) 渡邊哲史, 西山信一, 池田智明, 松本倫典:



(a)  $x$  方向



(b)  $y$  方向



(c)  $z$  方向

図 2  $x$ 、 $y$ 、 $z$  方向のオフセットの影響

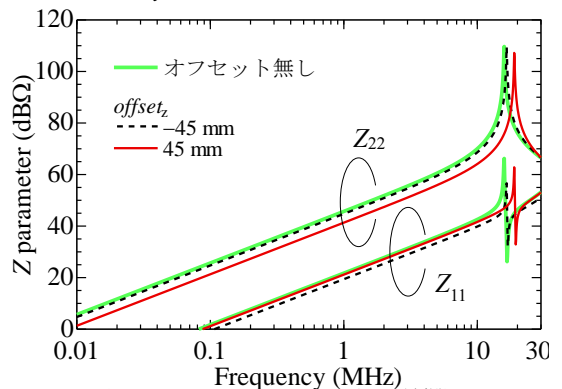


図 3 L1、L2 の配置の影響

岡山県工業技術センター報告, 第 38 号, 9(2012)

2) 若槻友里, 渡邊哲史: 岡山県工業技術センター報告, 第 43 号, 11(2017)



# 合成繊維のインジゴ染色におけるアルカリ剤と pH の影響

Effect of Alkali Agent and pH on Synthetic Fibers with Indigo

國藤 勝士・松本 侑子

Katsushi KUNITOU, Yuko MATSUMOTO

キーワード インジゴ/染色/ナイロン/アクリル/pH

KEY WORDS Indigo/Dyeing/Nylon fiber/Acrylic fiber/pH

## 1 はじめに

インジゴは古くより藍染めやジーンズ等に使用されている染料である<sup>1)</sup>。インジゴは、ポリエステル等の合繊繊維へは染着できないとされてきたが、近年新たな染色条件、具体的には、水酸化ナトリウム量を減らし、高温染色することでポリエステルへの染色が可能となった<sup>2,3)</sup>。しかしながら、水酸化ナトリウムは添加量が多すぎても少なすぎてもインジゴ染着量が低下する問題があったため、その解決方法として、アルカリ剤としての炭酸水素ナトリウムの有効性を報告した<sup>4)</sup>。ポリエステル布では染浴 pH 6.5-7.0 において最大染着量となったことから、各繊維素材によって最大染着量となる pH が異なることが示唆された。

そこで本研究では、合繊素材としてナイロン及びアクリルを使用し、インジゴ染着量に及ぼすアルカリ剤や pH の影響について検討した結果を報告する。

## 2 実験方法

### 2.1 試料

インジゴは Dystar 製の合成インジゴ (Dystar Indigo Gran)、ナイロン布は(一財)日本規格協会の添付白布、アクリル布は(株)色染社のアクリルモスリンを使用した。アルカリ剤は水酸化ナトリウム(NaOH)、炭酸ナトリウム(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)、炭酸水素ナトリウム(NaHCO<sub>3</sub>)はナカライテクス(株)製特級、還元剤は hidro sulfait ナトリウム(以下、hidro sulfait) (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)はキシダ化学(株)製一級(純度 85%)を使用した。

### 2.2 染色方法

染色ポットに浴比 1:50 となるよう調整した蒸留水を入れ、インジゴ 2%owf(対被染物重量%)、hidro sulfait(10 g/L 相当)、

各種アルカリ剤(水酸化ナトリウム、炭酸ナトリウム、炭酸水素ナトリウム 0-10 g/L 相当)を加えた。その後、ナイロン布 2.0 g またはアクリル布 1.5 g を投入して染色ポットを密閉し、赤外線ポット染色試験機((株)テクサム技研製 UR MINI-COLOUR)を用い、100 °C で 30 分間染色した。40 °C まで冷却後、染色ポットからナイロンまたはアクリル布を取り出して水洗し、100 °C の乾燥機内に静置して還元状態のインジゴを酸化させた。染色処方の概要を図 1 に示す。

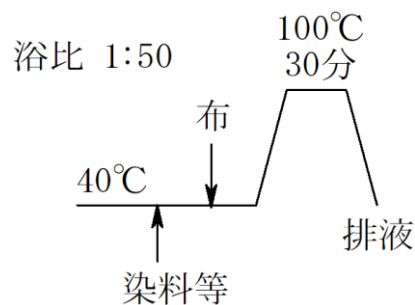


図 1 染色処方

### 2.3 染色性の評価

コニカミノルタ(株)製の分光測色計 CM-3600d を用いて 400-800nm の反射率を測定し、Kubelka-Munk 関数により、濃色性の指標である Total K/S 値を算出することにより染色布の染着量を評価した。

### 2.4 染色後の染浴 pH

(株)堀場製作所製のポータブル型 pH メーター D-51 を使用して染色後の染浴 pH を測定した。

## 3 結果と考察

図 2 にナイロン布、図 3 にアクリル布におけるインジゴ染着量と染色後の染液 pH との関係を示す。染色温度 (100 °C) における pH

測定は困難であるため、本実験では染色後の染液を 20℃まで冷却し、それぞれ染色後の染液 pH として測定した。ハイドロサルファイト溶液は還元性を示し、還元反応の進行とともに pH が低下させることが知られている。

測定の結果、アルカリ剤未添加での染液はナイロン布、アクリル布ともに、染色前 pH は 4.8 を示し、染色後 pH は 3.8 程度を示した。いずれの条件においても、同様の pH 低下は生じたが、最大染着量は染色後 pH 6.0-7.0 の範囲にあることが確認された。ポリエステル布の最大染着量は染色後 pH 6.5-7.0 の範囲<sup>4)</sup>であったことから、ナイロン布、アクリル布もポリエステル布と同様に、中性条件で最も良く染まることがわかった。

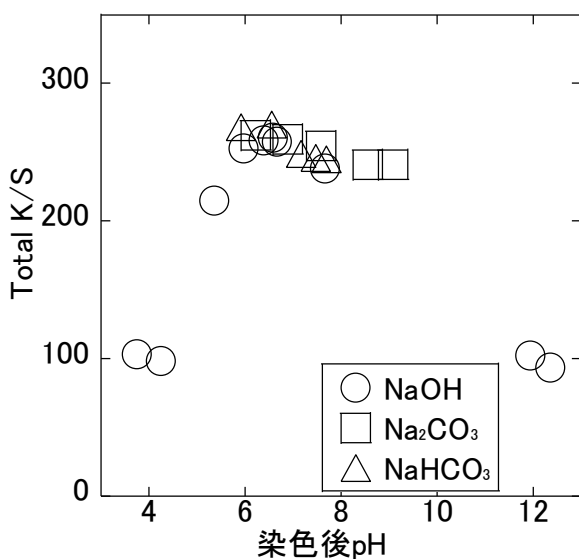


図2 ナイロン布におけるインジゴ染着量と染色後の染液 pH の関係

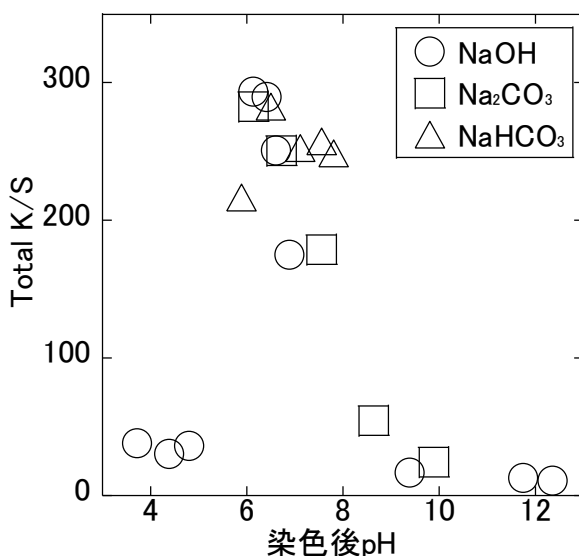


図3 アクリル布におけるインジゴ染着量と染色後の染液 pH の関係

しかしながら、染色挙動はナイロン布とアクリル布とで大きく異なっており、アクリル布では pH 増加とともに染着量は急速に低下したのに対し、ナイロン布では pH 7-9 の範囲で染着量は漸減した。また、アクリル布では pH 7-9 の範囲においてアルカリ剤の種類によって染着量が若干異なることがわかった。

インジゴと繊維との染着はナイロン布の場合、NH 基との水素結合およびイオン結合、アクリル布の場合、CN 基との水素結合が主体であることが報告されている<sup>5)</sup>。ナイロン布とアクリル布の染色挙動の相違は各 pH において水素結合力やイオン結合力が異なるため生じたと推察される。また、アクリル布は一般に、酢酸を加えて酸性溶液とし、種々の染色助剤や無機塩等を添加して染色する。このことはアクリル布の染着に染液 pH や各種助剤が大きく影響を及ぼすことを示している。アクリル布への染着量が同 pH においてアルカリ剤の種類によって異なったのは、アルカリ剤が何らかの染色助剤として作用した可能性が示唆される。

#### 4 まとめ

ナイロン布、アクリル布のインジゴ染色における各種アルカリ剤の影響について検討した結果、染色後の染液 pH が 6.0-7.0 において最大染着量となることが確認された。また、各 pH における染色挙動はアルカリ剤の種類によって若干異なることがわかった。

#### 参考文献

- 1) 坂川哲雄, 渡辺弘, 広田昭治: 染色工業, 35, 199 (1988)
- 2) 本行節暉, 前田進悟, 國藤勝士: 染色工業, 48, 589 (2000)
- 3) K. Kunitou, S. Hongyo and S. Maeda: Textile Res. J., 75, 149 (2005)
- 4) 國藤勝士: 岡山県工業技術センター報告, 43, 25 (2017)
- 5) Gulzar A Baiga: Indian J Fibre Text Res., 37, 265 (2012)

# 清酒製造場から単離した野生酵母の同定

## Identification of wild yeast isolated in manufacturing setting of sake brewery

伊藤一成・谷野有佳・三宅剛史

Kazunari ITO, Yuka TANINO and Tsuyoshi MIYAKE

キーワード 野生酵母 / 同定 / MALDI-TOF MS

KEY WORDS wild yeast / identification / MALDI-TOF MS

### 1 はじめに

清酒製造では開放状態で発酵を行うため、添加する特定の清酒酵母以外に、細菌や野生酵母などの菌群が環境中から入り込んでしまう危険を有する。一般に、それらの多くは製造工程中の乳酸やアルコールによりその増殖が抑制され（静菌）、清酒酵母が大多数となるため大きな問題となることはまれであるが、一部の野生酵母はもろみに移行してからも影響を及ぼす可能性がある。これらの野生酵母は、床面や流し場などの湿気の多い場所、洗浄不十分な器具や容器等の表面に存在定着するほか、使用する麴の表面にも数多く付着しているといわれている<sup>1)</sup>。このような環境で生き延びている酵母は一般的に糖や有機酸、アルコール類に対して耐性を持ち、わずかな栄養分であっても生育できるものが多い<sup>2)</sup>。このように、蔵内には想像以上に様々な野生酵母が存在しており、清酒は常に野生酵母混入の危険性を背負いながら製造されているといえる。

また近年では、各蔵で個性を出すために生もと造りや山廃造りといった昔ながらの製法で製造される清酒も増加傾向であり、このような製造現場では蔵付きの酵母菌叢に頼る製造も行われている。この場合、安定した品質を保持するためには、不必要な野生酵母を出来る限り抑え、優良な酵母菌叢を維持することが重要である。

こうした背景から、蔵内の酵母菌叢を意識し把握しておくことは、微生物汚染防止といった衛生管理面はもちろんのこと、発酵管理を適切に行う意味においても重要となる。そこで本報では、以前行った簡易同定<sup>3)</sup>に基づいて選択された8株に加え、その後新たに得られた4種の株について、特異性・迅速性に優れる質量分析計を利用した同定を実施したので報告する。

### 2 実験方法

岡山県内の一製造場において採取した試料をTTC下層培地（日本醸造協会）に塗布し、30°Cで3日間培養後得られたコロニーをサンプル候補株とした。

簡易同定は生じたコロニーからランダムに釣菌し、酵母様真菌同定キットID32Cアピ（シスメ

ックス・バイオメリュー社製）を用いて48時間培養を行い、各基質の資化性を判別して同定した。

簡易同定された株についてその菌種の代表株を選択し、マトリックス支援レーザー脱離イオン化飛行時間型質量分析計（Matrix-assisted laser desorption/ionization-time of flight mass spectrometry : MALDI-TOF MS）を用いた、プロテオミクスフィンガープリンティングによる同定を実施した。菌体はエタノール・ギ酸抽出法により前処理を行い、タンパク質を抽出した。1白金耳量程度の菌体を300 µlのMilliQ水に懸濁し、99.5%エタノール（Wako）900 µlを加え良く攪拌した後、17,900×gで2分間遠心分離を行い、上清を除去した。沈殿物に70%ギ酸を20 µl加え強く混和した後、等量のアセトニトリル（Wako）を加え混和した。遠心分離後、上清をターゲットプレートに1 µl載せ、乾燥後1 µlのHCCA

（ $\alpha$ -cyano-4-hydroxy cinnamic acid）マトリックス溶液（ブルカー・ダルトニクス社）を乗せ乾燥させた。質量分析にはMALDI-TOF MS（ブルカー・ダルトニクス社, Autoflex speed-OK）を用いた。測定用ソフトウェアflexControlでマススペクトルを取得後、同定解析ソフトウェアMALDI Biotyper ver. 4.1（ブルカー・ダルトニクス社）により、菌種を決定した。併せて、新たにTTC下層培地に生育させた後、その上にTTC上層培地（日本醸造協会）を重層し染色される色を確認した。

### 3 結果および考察

以前に同一製造場内から採取された試料から、1次スクリーニングとして酵母を単離し簡易同定を行ったところ、*Saccharomyces cerevisiae*を含む少なくとも4種の菌種（可能性としてはもう1種）が確認された<sup>3)</sup>。今回新たに得られた4株（H1、H2、T1、T2）についてまず簡易同定を行った。その結果、*Candida guilliermondii*と*S. cerevisiae*が2株ずつ同定された（表1）。簡易同定は各基質の資化性から一番近いと思われる菌種を決定する方法である。そのため、簡易同定で同一菌種と判断された株間でも資化性が異なる例が散見される。本研究においても*C. guilliermondii*がそれにあてはまり、以前に報告した11-A-19-2株のように菌種の判別が難しい株も存在した。そこで、

rRNA (リボソームリボ核酸) の遺伝子配列に基づく同定と同様の特異性を持ち、より迅速な同定法として近年急速に普及し始めている、MALDI-TOF MSを利用した同定<sup>4,5)</sup>を行った。なお、同定に使用した菌株は以前の簡易同定で既に同一菌種と同定されたが資化性が異なる菌株をそれぞれ2株ずつ計8株を選択し、これらをその菌種の代表株とした。これに加えて今回新たに単離した上記の4株、計12株の同定を行った。表1に示したように、両同定法ともほぼ同じ結果が得られたが、一部異なる菌種がヒットした。10-9-1株と11-A-6-1株では、簡易同定で*Candida pelliculosa*であったものが、質量分析計の同定では*Wickerhamomyces anomalus*であった。通常1つの生物に対しては1つの学名であるが、真菌の中でも子囊菌類と担子菌類では二重命名が認められている。酵母は栄養増殖に加えその生活環の中で、有性生殖を行うものがある。有性生殖を行う酵母をテレオモルフ (完全世代)、まだ有性生殖が観察されず無性生殖を行う酵母をアナモルフ (不完全世代) と呼ぶが、酵母によってはそれぞれに学名が与えられている場合がある<sup>6)</sup>。*C. pelliculosa*はその菌種の1つでアナモルフであり、テレオモルフが*W. anomalus*となるため、本研究ではこれを同一菌種として扱うことにした。以降、*W. anomalus*と呼称する。また、11-A-19-2株は簡易同定では、*Candida colliculosa*か*Sacharomyces kluyveri*か判別が難しい結果であったが、質量分析計の同定では、*S. cerevisiae*と決定された。逆に11-B-19-3株では簡易同定で*S. cerevisiae*と判断されていたが、質量分析計の同定では*Candida valida*であった。簡易同定では資化性による増殖の確認 (増殖による培地の濁り) を目視で行う影響もあり、このような結果となったのかもしれない。特に11-B-19-3株は液体培養したときには、明らかに他の*S. cerevisiae*と異なる産膜生じたことから、資化性の判別が困難であった可能性がある。そのほか、10-1-1株と10-1-2株は*Candida famata*と簡易同定では高確率で同定され、質量分析による同定後のBiotyperによる自動解析でも*C. famata*とヒットしたもののスコアが低く (1.61と1.54)、属レベルでの信頼性も得られなかった。しかし、得られたマススペクトルを確認したところ、データベース上の*C. famata*のマススペクトルとよく類似していた。従って、簡易同定の結果と併せて本2株については*C. famata*であると判断した。

簡易同定は目視確認のため実験者によっては異なった判断をしてしまう可能性があること、菌の培養から菌種を決定するまでに最低2日程

度を要することが欠点であるが、様々な物質に対する資化性を網羅的に確認できる点では、有益な情報を得ることができる。それに対して質量分析計による同定は、データベースと同じマススペクトルを得られれば正確で迅速である反面、特に酵母のような真菌類では、明瞭なマススペクトルを得るために様々な前処理を試す必要があった。また今回の10-1-1、10-1-2株のように、類似したマススペクトルでは同定解析ソフトによるスコアが2.0以上得られない場合もあり、マススペクトルの詳細を確認する必要があった。本研究では今回実施していないが、質量分析計だけでは同定精度が低い場合、その菌種にあった追加の生化学的同定試験の必要性を指摘している報告もある<sup>7)</sup>。

清酒酵母と同じ*S. cerevisiae*と同定された株については、きょうかい酵母との判別が可能なTTC染色を行った。T1、T2株については白色～桃色に染色され、この2株は非きょうかい系酵母であることを確認した。11-A-19-2、11-A-19-3、11-A-11-3株は赤色に染色され、きょうかい酵母由来の可能性がある。前報告<sup>3)</sup>でも示したように、本報告での質量分析同定に使用していない*S. cerevisiae*とされた株においても、きょうかい系の酵母と判断される株とともに、非きょうかい系酵母も検出されていることから、蔵内には多様な野生酵母が存在していることが想像された。

#### 4 まとめ

近年では、もろみの変敗・腐造は大きく減少している。しかし、蔵内の微生物はこの製造場においても今も昔も変わらず存在している。今回のように一製造場の一部で採取された酵母であっても、*S. cerevisiae*を初めとして数種同定された。サンプル数が増えればさらに多種多様な菌種の存在を確認できる可能性がある。加えて、環境の異なる各酒造場で蔵内の菌叢は、これ以上に多様であると考えられる。近年、消費者の安心・安全の意識が高まっていることから、生もと造りや山廃造りのような蔵付きの乳酸菌や酵母に頼った製造を行う蔵においても、こういった野生酵母の存在を具体的に認識していくことで結果的に優良な酵母菌叢の維持にもつながると思われる。また、衛生管理の普及や製造設備の近代化により、蔵内の微生物菌叢の変化も示唆されている<sup>9)</sup>。こういった実態を把握していくためにも、本報告のような微生物同定は重要だと考えている。今後は得られた野生酵母の諸性質を調べていく予定である。

表 1 同定結果

株名	簡易同定 (ID32C)	確率 (%)	質量分析同定 (Biotyper)	スコア
H1	<i>Candida guilliermondii</i>	96.4	<i>Candida guilliermondii</i>	2.29
H2	<i>Candida guilliermondii</i>	92.1	<i>Candida guilliermondii</i>	2.28
T1	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	99.7	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	2.00
T2	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	99.7	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	2.14
10-1-1	<i>Candida famata</i>	99.8	<i>Candida famata</i>	1.61
10-1-2	<i>Candida famata</i>	99.9	<i>Candida famata</i>	1.54
10-9-1	<i>Candida pelliculosa</i>	99.9	<i>Wickerhamomyces anomalus</i>	2.18
11-A-6-1	<i>Candida pelliculosa</i>	99.9	<i>Wickerhamomyces anomalus</i>	2.19
11-A-19-2	<i>Candida colliculosa</i>	59.3	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	2.10
	<i>Saccharomyces kluyveri</i>	40.6		
11-A-19-3	<i>Candida colliculosa</i>	91.5	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	2.15
11-A-11-3	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	99.8	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	2.08
11-B-19-3	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	99.8	<i>Candida valida</i>	2.11

※簡易同定の確率について

様々な基質に対する資化性パターンから確率を算出

※質量分析同定のスコアについて

構成タンパク質の質量荷電比 (m/z) とその強度をデータベースとの比較から同定解析ソフトウェアにより算出  
( $\geq 2.00$  : 菌種レベルでの信頼性、1.70-1.99 : 属レベルでの信頼性、 $\leq 1.69$  : 信頼性無し)

#### 参考文献

- 菅間誠之助: 日本醸造協会誌, 62, 927-935 (1967)
- 小玉健吉: 日本醸造協会誌, 61, 677-681 (1966)
- 伊藤一成, 谷野有佳, 三宅剛史: 岡山県工業技術センター報告, 43, 22-24 (2017)
- 東山智宣, 中西豊文, 田窪孝行: *Mycotoxins*, 63, 209-216 (2013)
- 大楠清文: *モダンメディア*, 58, 113-122 (2012)
- 杉田隆, 高島昌子: *Med. Mycol. J*, 52, 107-115 (2011)
- 太田悠介, 松本竹久, 春日恵理子, 堀内一樹, 根岸達哉, 矢口ともみ, 名取達矢: 日本臨床微生物学会, 25, 31-36 (2015)
- Fredlund E, Blank LM, Schnürer J, Sauer U, Passoth V: *Appl. Environ. Microbiol.*, 70, 5905-5911 (2004)
- 溝口晴彦: 日本醸造協会誌, 108, 382-388 (2013)

# 次世代半導体素子 SiC-MOSFET を使用した インバータの基礎研究

Basic study on inverter using SiC-MOSFET of next generation semiconductor device

勝田 智宣・笠 展幸\*

Tomonori KATSUTA, Nobuyuki KASA

キーワード インバータ / パワーモジュール / SiC-MOSFET  
KEY WORDS Inverter / Power module / SiC-MOSFET

## 1 はじめに

インバータのパワーモジュールに使用される次世代半導体素子である SiC-MOSFET は、従来の半導体素子である Si-IGBT より効率がよい領域があり、耐熱性も高いとされている<sup>1)</sup>。しかしながら、高速スイッチングによるサージ電圧等によって、電気ノイズ(以下、磁気ノイズも含めて「ノイズ」とする)の発生が危惧され、その対策が重要となる<sup>2)3)</sup>。一方、モータとインバータ間の配線レスや軽量化を目的に、二つを組み合わせる「機電一体」が量産や研究において進められており<sup>4)</sup>、モータとインバータの距離が近くなっている。その際に問題になるのが、モータとインバータのノイズによる相互干渉である。そこで、モータと組み合わせた状況で、次世代半導体素子である SiC-MOSFET を使用したインバータの基礎的な検討を行った。

## 2 実験方法

図1は、モータ駆動の回路構成を示す。図のモータ制御回路は、インバータの最上位に位置

し、モータを駆動させるための指令をゲート駆動回路に伝える。この指令に基づき、ゲート駆動回路が動作し、パワーモジュール内の半導体素子が順次スイッチングし、必要な電流波形を生成する。これによって、モータがトルクを発生して回転することになる。一般的に、モータ制御回路とゲート駆動回路の電源は、モータを駆動させる高圧電源を降圧させて作られるが、その配線や回路は図が煩雑になるため、ここでは電源回路という表記に留めた。この構成に基づき、試験環境を整え、評価のためのパワーアナライザ、オシロスコープを接続し、データの取得を行った。

表1は、用いた3種類のインバータの特徴を示す。いずれのパワーモジュールにも、SiC-MOSFET が使用されている。(イ)のインバータにおける電源回路の外付(手組)とは、専用のものではなく、ユニバーサル基板にハンドメイドで作成し、設置したという意味である。次に、(ロ)のB社製パワーモジュールは、単相であるため、3つを組み合わせることによって三相交

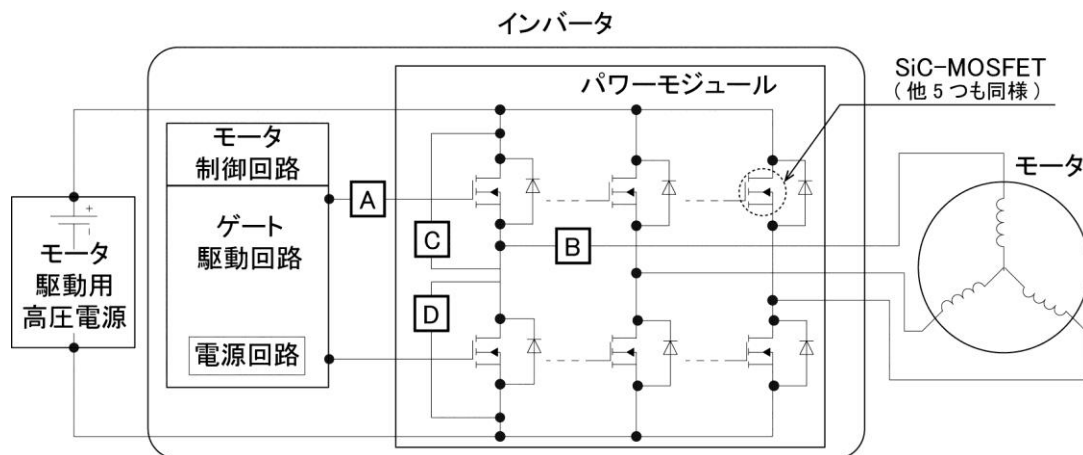


図1 回路構成

\* 岡山理科大学

流が出力可能となっている。最後に、(ハ)の C 社製パワーモジュールは、(ロ)のパワーモジュールと同様に単相であるため、3つを組み合わせている。また、電源の確実な確保のため、その容量を増加させ、外部からの給電としている。

### 3 結果と考察

はじめに、(イ)のインバータを用いて実験を行った。印可電圧 330V、電流 17.8Arms、回転数 200rpm という低負荷(以下、「低負荷条件 1」とする)では、インバータの効率は 90.2%であった。これは従来の Si-IGBT より 10%程度も高い数値である。しかしながら、このデータを取得した直後から時計の秒針のような音が聞こえ、この音は短絡による漏電も考えられたため、データの信頼性と安全面から効率取得は中止し、原因の調査を最優先として行った。

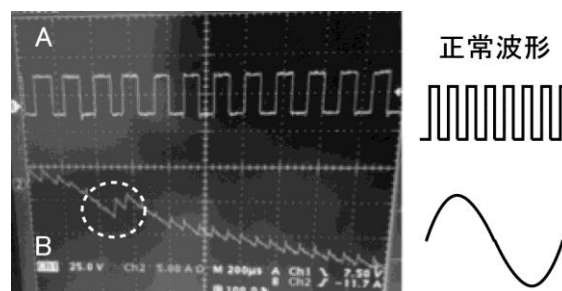
この(イ)のインバータで引き続き、原因を調査していたところ、パワーモジュール自体の破損が続いた。そのため、手組の電源回路がノイズ等の影響を受けて本来の動作ができなくなっていると考え、電源回路内蔵の(ロ)のインバータと取り替えて、実験を行った。しかしながら、このインバータでは、低負荷条件 1 に至る前に、(イ)のものと同様に時計の秒針のような音が続き、電源回路の問題ではないことが推測できた。

図 2 は、(ロ)のインバータを用いて、オシロスコープにより測定した波形である。図 2(a)は、図 1 の A のゲート駆動信号と B の電流波形を測定したものである。本来、正弦波となるべき B の電流波形が、図中の白破線のように大きな段差が生じていることがわかった。次に、図 2(b)は、図 1 の C と D の部分の電圧を測定したものであるが、デッドタイム補償が正常に行えていないことがわかった。なお、デッドタイム補償とは、一つの半導体素子のオンオフに対して、その対になる半導体素子を遅らせて動作させることによって、パワーモジュールを保護する制御方法のことである。

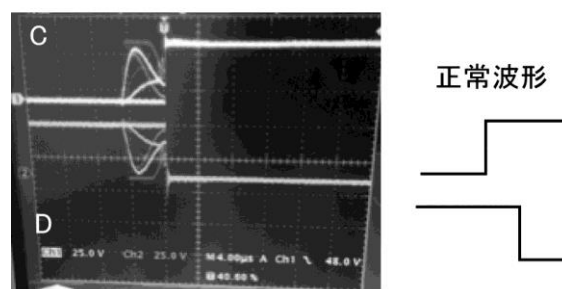
最後に、(ハ)のインバータを用いたところ、低負荷条件 1 において、異音の発生がなくなり、安定に動作できていることが推測できた。これは、電源回路の容量を大きくしたことにより、ノイズの影響を受けにくくなったことが一因と考えられる。今後、オシロスコープによって波形を確認し、詳細を検討する予定である。一方、今回の実験では、特定の電圧・電流・回転数に対して、動作可能になったに過ぎない。そのため、パワーモジュールの破損防止機能を追加しながら、ノイズ等の影響を受けない、次世代半導体素子 SiC-MOSFET を用いたインバータの安定化と特性の調査を行っていく。

表 1 使用したインバータの特徴

	パワーモジュール	ゲート駆動回路	電源回路
(イ)	A 社製	内蔵	外付(手組)
(ロ)	B 社製	同社製 評価基板	内蔵
(ハ)	C 社製	D 社製	基板外供給



(a) ゲート駆動信号と電流波形



(b) デッドタイム補償

図 2 (ロ)のインバータの波形

### 4 まとめ

低負荷領域では、次世代半導体素子 SiC-MOSFET は、従来の Si-IGBT より高い効率が見込める。一方、SiC-MOSFET の駆動において、ゲート駆動回路の電源回路容量や特性によって、ノイズ等に起因する誤動作が頻発する可能性がある。今後、広範囲な領域における安定性向上や効率の試験を行う予定である。

### 参考文献

- 1)河野洋一、岩崎哲也、近藤圭一郎：平成 28 年電気学会産業部門大会講演論文集，V 21(2016)
- 2)長野剛、松原邦夫、田久保拓、鳥羽章夫：平成 30 年電気学会全国大会講演論文集，27 (2018)
- 3)栗本正樹、大平祐介、近藤幸一、清水敏久：平成 30 年電気学会全国大会講演論文集，171 (2018)
- 4)石川茂明：平成 26 年電気学会産業部門大会講演論文集，IV 43 (2014)



# 加工現象解析システムによる Ti 合金加工現象の可視化

Visualization of Heat-treated Titanium Alloy Turning with Cutting Phenomenon Analysis System

松岡 大樹・余田 裕之・西田 典秀<sup>1</sup>・亀山 寛司<sup>2</sup>

Hiroki MATSUOKA, Hiroyuki YODEN, Norihide NISHIDA, Kanji KAMEYAMA

キーワード チタン合金 / 旋盤 / 可視化 / 高速度カメラ / 切削動力計

KEY WORDS Titanium alloy / Lathe / Visualization / High-speed camera / Cutting dynamometer

## 1 はじめに

チタン合金は熱処理を施すことによって高硬度化され、航空機材料などに利用されている。一方、熱伝導率の低さから難削材とされ、加工条件の適用範囲が狭く、工具寿命が短いといった問題があり、加工が高コストとなる。そのため、安定した加工を可能にする工具選択や加工条件の設定に対して、強い要望がある。従来、これらは加工後の仕上げ面粗さや工具摩耗などから経験的に判断されてきた。しかし、難削材の加工現象は複雑であり、従来の手法だけでは条件の最適化が困難となってきている。

我々は、加工現象を可視化し、理解することが工具・加工条件設定に有効であると考えた。そのため、加工現象解析システムを構築した。本報告では、構築したシステムを用い熱処理したチタン合金の加工を可視化した結果と、得られた知見に基づいた加工工具の選択について提案を行う。

## 2 実験方法

被削材にはTi-6Al-4Vの溶体化後時効(以下STA)処理材を用いた。

表1に加工条件を示す。コーナ半径Rの異なる工具を用いて端面切削を行い、切削点での加工現象を比較した。図2に構築した加工現象解析システムを示す。高速度カメラと切削動力計を備えたNC旋盤から構成され、映像と切削抵抗を同期して保存することが可能な仕様とした。

## 3 実験結果と考察

### 3.1 被削材の特徴

図1に被削材の光学顕微鏡で撮影した金属組織写真を示す。等軸の $\alpha$ 組織(白色部)と $\beta$ 組織(灰色部)から構成されることが分かった。STA材のビッカース硬さは406であり、焼鈍材と比較して1割程度高い。そのため、STA材は、加工が難しいものとなっている。

### 3.2 コーナ半径Rの違いによる切りくず処理性への影響

図3(a)に高速度カメラで観察した、加工中の切りくず挙動を示す。R0.2 mmでは工具のブレードが機能した結果、横向きで一定の半径を持ったカール状切りくずが排出されていた。一方、R0.4 mmとR0.8 mmでは、ブレードが機能せず、不規則な形の切りくずとなっていた。加工後に観察した切りくず形状は、R0.2 mmでは鋸歯状で折れやすかった。R0.4 mmの場合も鋸歯状であったが、R0.2 mmと比較すると折れにくかった。さらに、R0.8 mmでは連続型であった。以上より、R0.2 mmでは、主軸に巻きつく問題がないという点から、切りくずの処理性が良好であることが確認できた。

表1 端面切削における加工条件

工具材種	超硬合金
コーナ角/直交すくい角/逃げ角	80/-6/0°
コーナ半径 R	0.2, 0.4, 0.8 mm
主軸回転数	715 rpm
送り量	0.11 mm/rev
切り込み量	0.4 mm
切削油	なし

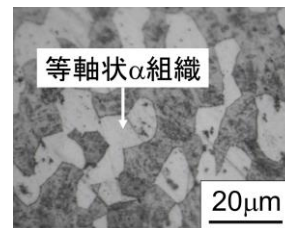


図1 Ti-6Al-4Vの金属組織写真

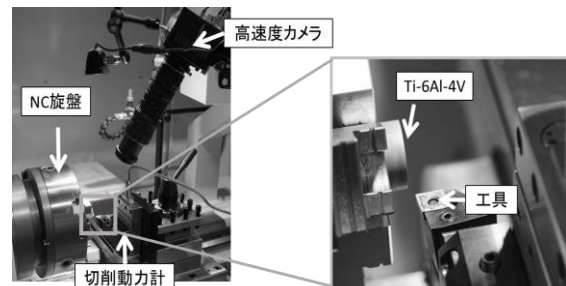


図2 加工現象解析システム

1 (公財)岡山県産業振興財団

2 中国職業能力開発大学校



### 3.3 コーナ半径 R の違いによる工具負荷と周波数成分への影響

工具負荷を評価するため、図3(b)に切削動力計で測定した切削抵抗を示す。中央値  $m$  と標準偏差  $\sigma$  で評価を行ったところ、中央値はどの R でも差が見られなかった。これに対して、標準偏差は R0.2 mm では 11.9 N であるが、R0.8 mm では 5.1 N であり、工具負荷が小さいことが分かった。次に切りくず挙動において違いが顕著であった R0.2 mm と R0.8 mm について、切削抵抗の高速フーリエ変換(以下 FFT)を行い、振動成分の比較を行った。図4にFFTの結果を示す。R0.2 mm では、4~16 kHz の高周波成分にパワーが集中している。一方、R0.8 mm では 10~100 Hz に周波数のピークが確認できた。

さらに、R0.2 mm の周波数成分の要因を特定するため、切りくずの鋸歯ピッチ生成周波数と切削抵抗の周波数  $F_s$  を比較した。 $F_s$  を以下の式(1)で計算した。

$$F_s = \frac{C_h \times V_c}{P_n} \quad (1)$$

ここで、切り込み量と観察した切りくず厚さの平均値の比から切削比  $C_h=0.5$  とし、切削速度  $V_c=67.4\sim44.9$  m/min、鋸歯ピッチ  $P_n=34.6\sim79.5$   $\mu$ m から計算した結果、 $F_s=4.2\sim16.2$  kHz となった。以

上から、図4の高周波成分は鋸歯の生成周波数によることが確認できた。

R0.8 mm の低周波成分の要因については、松島らによる S45C の切削に関する報告<sup>2)</sup>と図3(a)の切りくず挙動の結果から、連続型切りくずの生成と、凝着物が生成と脱落を繰り返したことによるものと推定した。

### 4 まとめ

加工現象を可視化し、理解することを目的として、加工現象解析システムを構築した。本システムを用いて、STA処理した Ti-6Al-4V の旋削加工における現象の可視化を行った。実験の結果、切りくず処理性・工具負荷・切削抵抗の振動成分の要因が、工具コーナ R によって異なることが確認できた。以上のことから、切りくずの巻き込みを回避する場合には R の小さな工具を選択し、工具負荷を低減し、寿命を延ばす場合には R の大きな工具が効果的である。

### 参考文献

- 1) 中山一雄：精密機械, Vol. 42, No. 2, 74 (1976)
- 2) 松島克守, 河野英一, 佐田登志夫：精密機械, Vol. 42, No. 493, 88 (1976)

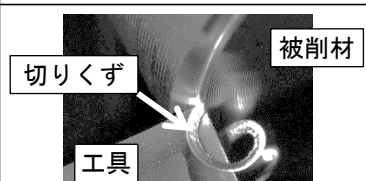
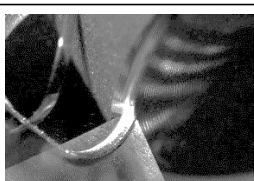
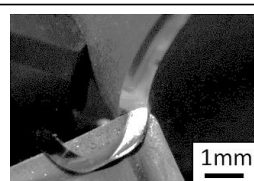
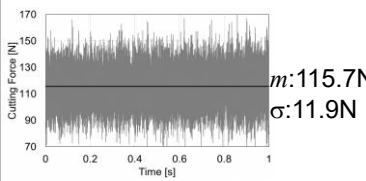
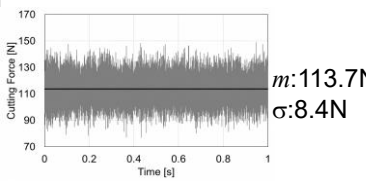
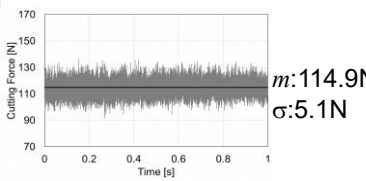
	工具コーナ半径 R0.2 mm	R0.4 mm	R0.8 mm
(a) 高速度カメラ			
(b) 切削動力計			
	ブレーカが機能→切りくず処理性 良		ブレーカが機能しない→切りくず処理性 悪
工具への負荷	大		小

図3 加工現象解析システムによる可視化結果 (a)高速度カメラの映像 (b)切削動力計の信号

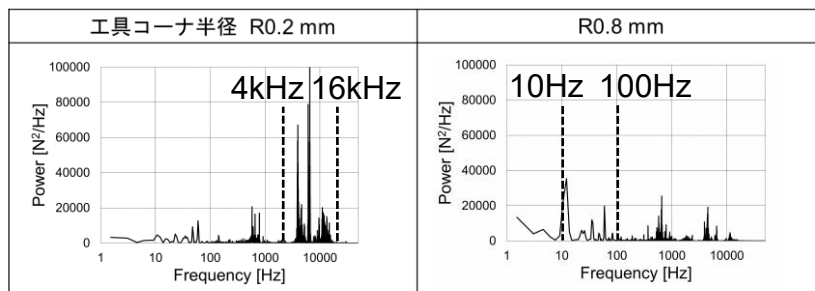


図4 R0.2 と 0.8 mm における切削抵抗の FFT 結果

# 電解砥粒研磨により得られるアルミニウム合金の表面微細構造

Surface Microstructure of Aluminum alloy Obtained by Electrolytic Abrasive Polishing

築山 訓明・村上 浩二・辻 善夫・渡邊 哲史

Kuniaki TSUKIYAMA, Koji MURAKAMI, Yoshio TSUJI, Tetsushi WATANABE

キーワード アルミニウム合金 / 電解砥粒研磨 / 微細構造

KEY WORDS Aluminum alloy / Electrolytic Abrasive Polishing / Microstructure

## 1 はじめに

材料の疲労特性評価に用いられる回転曲げ疲労試験では、軸対象の試験片にクビレ部を設け、そこに応力を集中させる片持ち梁として試験片を回転させる。回転に伴い、クビレ部には繰り返し引張・圧縮の応力が印加される。疲労試験では、介在物などの材料内部の欠陥から発生・進展する亀裂の挙動を適切に評価することが重要である。しかし、試験片の表面に加工変質層とそれに伴う残留応力、あるいは微視的な応力集中部となるキズが残存している場合、低サイクル数での破断を招く可能性がある。したがって、試験片作製時にこれらを除去した平滑面を得る必要があり、一般的には、旋削によってクビレ部を作製した後、機械研磨による鏡面仕上げが施される。現状、機械研磨では、作業者が負荷を調整しながら所定の寸法になるまで仕上げ研磨が実施されるため、多くの工数を要する。さらに、目視で鏡面が得られている場合でも、微細な研磨キズが多数残留している。

試験片のクビレ部の研磨キズを効率的に除去し、高品質の平滑面を得るためには、陽極電解(電解研磨)を用いた表面仕上げが有効と考えられる。電解研磨は、化学的・電気的作用により、機械的な変質を付与せず、被処理金属の表面を効率よく平滑化する手法である。本手法は被処理物を電解液中に浸漬するため、機械研磨が困難な、複雑形状にも対応可能である。本報告では、アルミニウム合金を対象に、電解研磨に機械研磨を複合化した電解砥粒研磨を実施し、研磨条件を変化させた場合に得られる表面構造と形状変化について評価した結果を述べる。

## 2 実験方法

供試材には、アルミニウム合金(A1050-H24)の圧延板(厚さ 3[mm])を使用した。圧延方向を長手方向として、50[mm]×50[mm]に切断し、炭化けい素耐水研磨紙(SiC) #220 を用いて片面のみ機械研磨を行い、両面にフロンマスクを用いてマスキングを行った。以下、この面を「機

械研磨面」と表記する。その後、圧延方向に、SiC 機械研磨面のフロンマスクを幅 25[mm]×高さ 20[mm]の寸法で切り取り、機械研磨面の一部を露出させた。この領域に対し、電解研磨、工具研磨もしくは電解砥粒研磨を行った。以下、それぞれ「電解研磨面」、「工具研磨面」および「電解砥粒研磨面」と表記する。ここで、「電解研磨」とは、回転工具を用いず、陽極電解のみを行う工程を指し、「工具研磨」とは、電解液内で電圧をかけずに回転工具による研磨のみを行う工程を指す。

回転工具にはイチグチ製ポリライトホイール T を用いた。工具の押付け力を 3 [N]、回転速度を 0、400、800 [rpm]とした。電解液には硝酸ナトリウム水溶液(20 [mass%])を用いた。電解研磨を行うにあたり、電解液中において、試料およびカーボン板を、それぞれ陽極および陰極とし、得られた電圧-電流特性より電解条件を決定し、一定電流電解を行った。

機械研磨面、電解研磨面、工具研磨面および電解砥粒研磨面に対し、目視および共焦点走査型レーザ顕微鏡(以下、CLSM と表記する。)による観察ならびに表面形状測定を行った。表面形状測定について、最大高さ(z)や算術平均(a)などの形状パラメータを求める際、断面プロファイル(Primary)にガウシアンフィルタを作用させ、長波長の振動成分(うねり Waviness)および短波長成分(粗さ Roughness)に分解する。分解時にカットオフ波長( $\lambda_c$ )を設定するが、その設定に応じて、得られる形状パラメータの値が変化する。ここでの目的は、電解研磨および電解砥粒研磨による平滑化が進行する際の、凹凸成分の波長分布およびその変化量を議論することであり、本報告では形状パラメータの算出ではなく、Primary の高速フーリエ変換(Fast Fourier Transform, 以下'FFT'と表記)による評価を行った。

### 3 結果と考察

電解条件を決定するため、0.1[V/s]の電圧走査電解を行ったところ、電圧-電流は比例関係にあることがわかった。また、電圧の上昇に伴い、

気泡の寸法も大きくなった。

図1は、SiC 機械研磨および電解研磨面の表面レーザ観察像である。図1(a)と(b)は同一の基板で得られた像であり、(c)と(d)ならびに(e)と(f)に

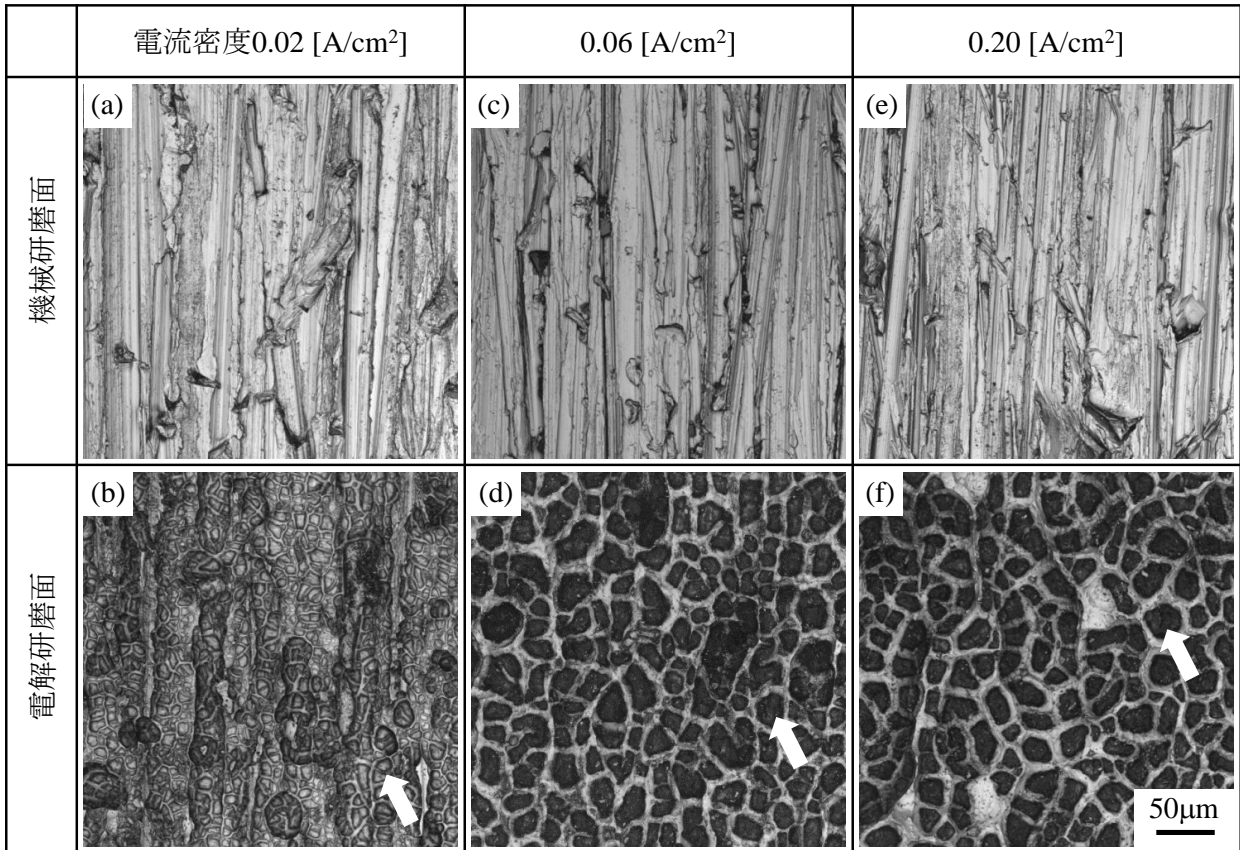


図1. 各種研磨法における試料表面の CLSM 観察像。

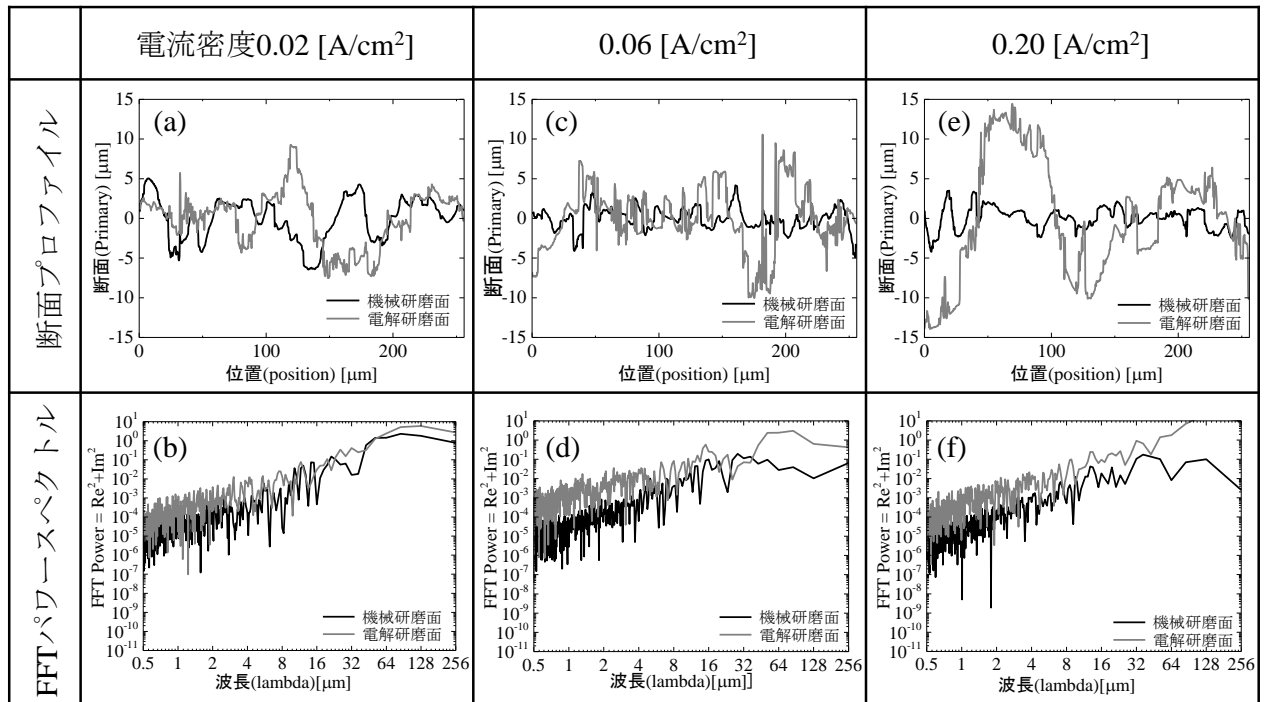


図2. 図1の断面プロファイルおよびFFTパワースペクトル。

についても同様である。図 1(b)(d)(f)の電解研磨面は、目視による観察で白濁しており、網目状の構造が確認された。網目構造の暗部(図 1(b)(d)(f) 矢印部)について、求積法により平均空隙サイズを求めたところ、(b)では約 9.4 [ $\mu\text{m}$ ]、(d)および(f)では約 19.3 [ $\mu\text{m}$ ]であった。電流密度が 0.02 [ $\text{A}/\text{cm}^2$ ]から 0.06 [ $\text{A}/\text{cm}^2$ ]に増加すると、電解時に発生する気泡の寸法も大きくなる一方、0.06 [ $\text{A}/\text{cm}^2$ ]から 0.20 [ $\text{A}/\text{cm}^2$ ]に増加しても、気泡の寸法は同程度である。以上のことから、このような気泡の寸法変化挙動と、網目構造暗部の寸法変化挙動が類似していることが明らかとなった。

図 2 は、図 1 の Primary およびその FFT によって得られたパワースペクトル(Fourier 成分の振幅二乗和)である。Primary(図 2(a)(c)(e))より、電解による平滑化は確認されず、電流密度の増加に伴って、凹凸が強調される。FFT パワースペクトルについて、短波長領域( $\lambda \leq 16$  [ $\mu\text{m}$ ])では、全ての電解電流密度でパワースペクトルが約 2 桁上昇している。一方、長波長領域( $\lambda \geq 16$  [ $\mu\text{m}$ ])では、電解による FFT パワースペクトルの上昇量が、電解電流の増加に伴って増加している。短波長領域での FFT パワースペクトルの上昇は、

気泡に起因する網目構造の形成に対応し、長波長領域でのそれは、網目構造の周期よりも長いスケールでの空間的に不均一な溶解が起きたことを示す。

図 3 は、工具研磨および電解砥粒研磨後の表面レーザ像である。工具研磨、電解砥粒研磨ともに、工具の回転速度を大きくすることにより、機械研磨時に導入された条痕の除去効果が大きくなる。電解砥粒研磨を行うことで、図 3(b)の網目構造が図 3(d)(f)の様に消失する。

図 4 は、図 3 の Primary およびその FFT パワースペクトルである。電解砥粒研磨を行うことで、工具研磨の場合と比較して、全波長領域において凹凸が除去され、平滑化が進行している。ただし、図 3(d)(f)中の黒矢印で示す様に、電解砥粒研磨を行った場合でも、光学顕微鏡で確認可能な条痕が残存している。これが、SiC 機械研磨時に導入され、電解砥粒研磨で除去できていない条痕であるのか、電解砥粒研磨時に導入されたものであるのかについては不明であり、今後、研磨条件を変更しながら形状変化を追跡し、効率的に高品質な平滑面を得ることを目指す。

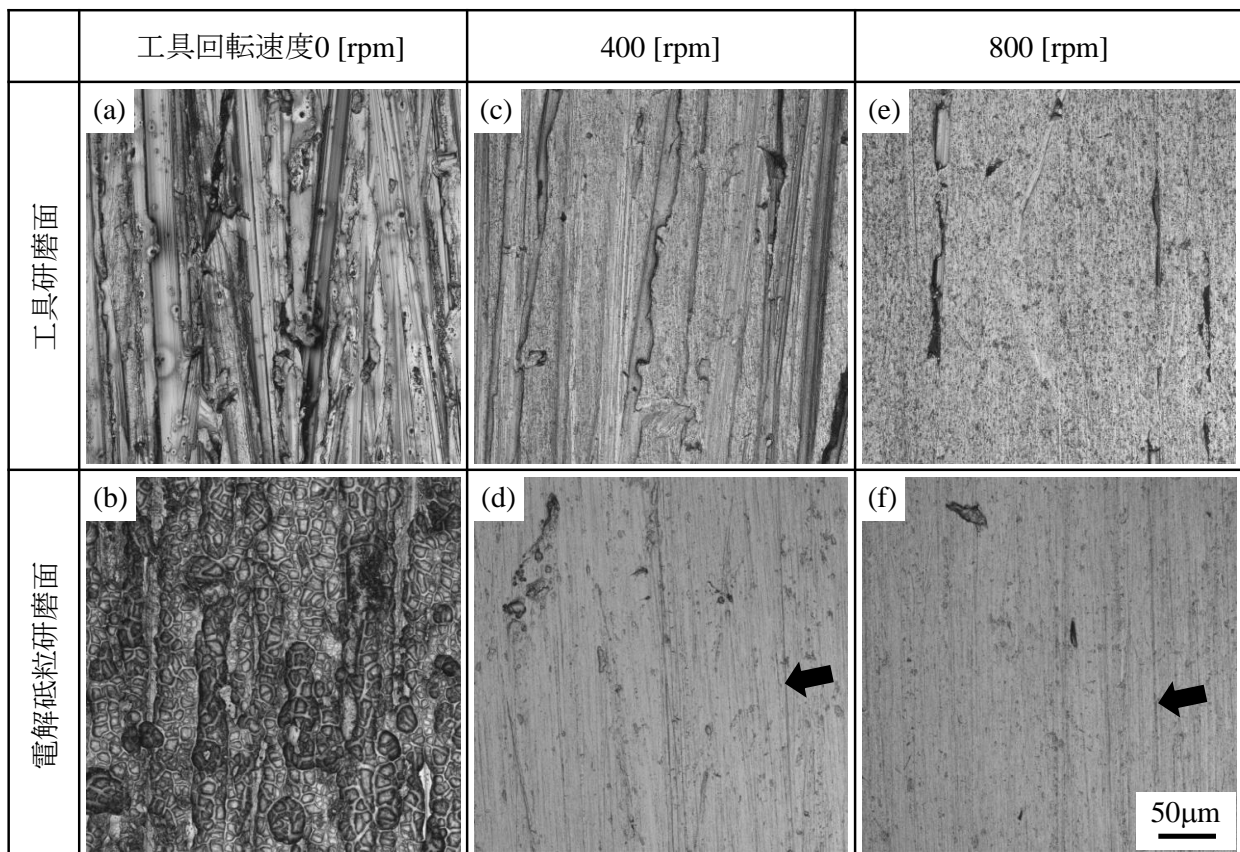


図 3. 各種研磨法における試料表面の CLSM 観察像.

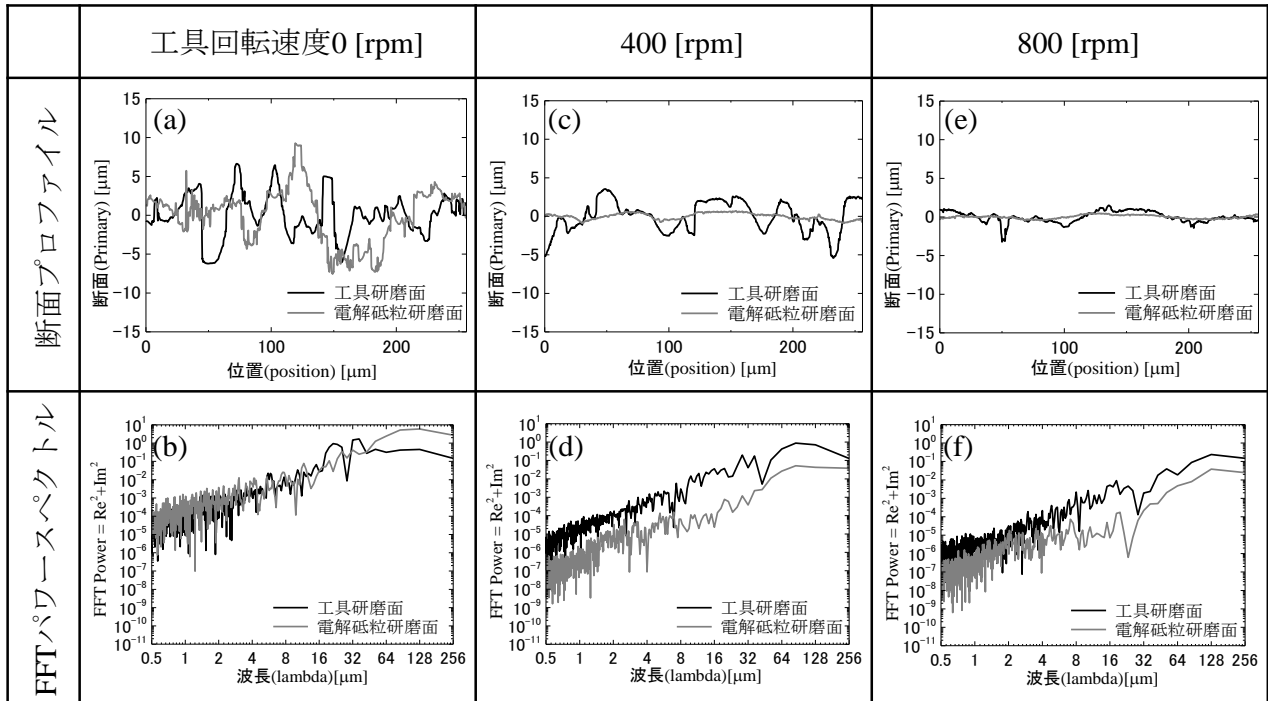


図4. 図3の断面プロファイルおよびFFTパワースペクトル.

#### 4 まとめ

炭化けい素耐水研磨紙を用いて機械研磨したA1050 アルミニウム合金に対し、硝酸ナトリウム水溶液(20 [mass%])を電解液とする電解研磨および電解砥粒研磨を行った。共焦点走査型レーザー顕微鏡による観察ならびに形状測定によって、凹凸除去効果を評価した結果は以下のとおりである。

1. 電解研磨において、電圧走査電解を行うと、電圧の上昇に比例して電流が増加する。また、電解初期から気泡が発生し、その寸法は電圧の上昇に伴って増加する。また、電解時に網目構造の組織が表面に形成され、その網目サイズは、電解研磨時に発生する気泡の大きさに応じて変化することがわかった。

2. 波長解析の結果より、電解研磨によって網目構造の組織が形成されると、波長 16 [μm]以下の短波長領域において、凹凸成分が増加する。また、電解研磨の電流密度を増加させると、不均一な溶解により、長波長領域の凹凸成分も増加する。

3. 電解砥粒研磨は、機械研磨時に導入された条痕を除去するとともに、電解研磨時に形成する網目状組織の形成を抑制するのに有効である。すなわち、電解研磨または工具研磨を単独で行う場合と比べ、高品質な平滑面が得られることが明らかとなった。

本研究の一部は、岡山県産業廃棄物処理税に依った。

# 振動試験実施可否判定ソフトウェアの開発

## Development of Feasibility Software Before Vibration Test

辻 善夫

Yoshio TSUJI

キーワード 振動試験機 / 正弦波振動試験 / 衝撃試験

KEY WORDS Vibration Test Machine / Sinusoidal Vibration Test / Impact Test

### 1 はじめに

製品の振動耐久性を向上させるためには、機器の振動伝達特性を把握するとともに、製品の利用環境を模擬した振動を製品に与え、外観検査、機能検査を行うことが必要である。

製品の種類、使用環境に応じて種々の振動試験規格<sup>1), 2)</sup>が日本工業規格で規定されている。さらに、振動試験機の仕様は機種毎に異なるため、試験の実施可否を判定するには労力を要する。

振動試験機メーカーが提供する振動試験機制御ソフトには、試験条件を該当機仕様と照らし合わせて試験の実施可否を判定する機能がある。代表的な振動試験の種類には、正弦波試験、衝撃試験、ランダム試験があるが、このうち衝撃試験の実施に必要な振幅、速度の算出はメーカーが提供する制御ソフトでのみ可能である。しかし、運用上、制御ソフトを使用可能なPCは振動試験機近傍に設置された制御用PCに限定されることが多い。また、これらのソフトは、正弦波掃引試験に要する試験時間を算出する機能は限定的である。

以上のことから、振動試験機の利用問い合わせに対して、試験実施の可否、試験時間、試験費用を迅速に回答することは困難である。そこで、本研究では試験条件を入力するのみで正弦波加振試験および半正弦波形による衝撃試験の実施可否を簡便に判定し、試験時間や費用を算出するエクセルシートを開発したので報告する。

### 2 振動試験実施可否判定シート

開発した振動試験実施可否判定シートの利用フローを図1に示す。振動試験機は機種毎に仕様異なり、振動試験機に接続して利用することの多い補助ステージとの組み合わせによっても、実施可能な振動試験条件が異なる。

そこでまず、①選択可能な全ての振動試験機、補助ステージの仕様をシートに入力する。次に、

②メーカーが提供する衝撃試験ソフトを用いて、任意の衝撃試験条件において要求する最大変位、最大速度を算出し、試験条件と最大速度、最大変位との間の関係式を導出する。その後、③問い合わせに対し、試験条件を入力する。ただし、供試体の重量、補助テーブルの重量等の試験条件によって、実施可能な最大加振加速度が制限される。このため、要求する振動試験を保有する振動試験機で実施可能であるかを評価するには、複数の評価値を算出して仕様と照らし合わせる必要がある。そのため、ソフトウェアによって、④実施可否の判定を行うとともに、⑤試験時間、試験費用を算出する。

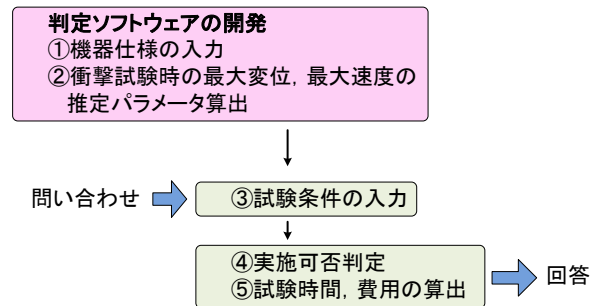


図1 判定シートの利用フロー

#### 2.1 結果と考察

表1に示す機器仕様シートに、複数種類の振動試験機、補助テーブルの仕様を予め入力することで、任意の組み合わせに対して試験実施可否を判定可能である。

要求試験を実施するために必要な評価値を次式から算出する<sup>1), 3)</sup>。

$$F = (m_1 + m_2 + m_3)\alpha \quad (1)$$

$$L = \alpha / (2\pi f)^2 \quad (2)$$

$$V = 2\pi f L \quad (3)$$

$$M_{ecc} = mL_{ecc}\alpha \quad (4)$$

$$M_{bend} = mah \quad (5)$$

ここで、 $F$ : 加振力、 $m_1$ : 供試体質量、 $m_2$ : 振動試験機可動部質量、 $m_3$ : 補助ステージ質量、 $\alpha$ : 加速度、 $L$ : 変位、 $f$ : 周波数、 $V$ : 速度、 $M_{ecc}$ :



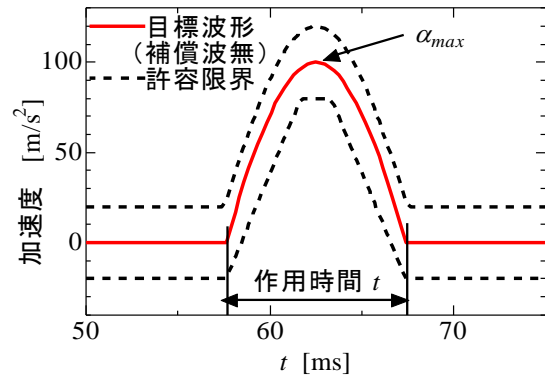
偏心モーメント、 $L_{ecc}$ ：偏心距離、 $M_{bend}$ ：曲げモーメント、 $h$ ：重心高さである。

表 1 機器仕様  
(a)加振機

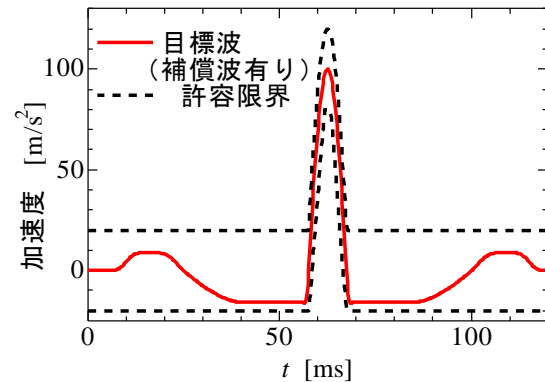
項目	単位	機種	
		IMV J230 /SA3M	IMV A45 /SA5HM
型式			
加振力	N	16000	45000
加振力(衝撃)	N	40000	90000
加速度(加振機)	$m/s^2$	888	900
加速度(水平テーブル)	$m/s^2$	400	
最大振幅	$mm_{p-p}$	100	152.4
最高周波数	Hz	3000	2600
可載重量	kg	300	500
最大速度	m/s	2.4	3.5
加振機可動部質量	kg	18	50
偏心モーメント	Nm	700	
水平補助テーブル質量	kg	80	
曲げモーメント(水平テーブル)	Nm	2,245	
費用	円/h	2940	

(b) 補助テーブル

項目	単位	補助テーブル				
		無し	50cm角	64cm角	80cm角	15cm立方体
名称						
サイズ	m	0	0.5	0.64	0.8	0.15
質量	kg	0	15	19	45	3.5
最大振動数	Hz	-	500	360	350	2000



(a)補償波無し



(b)補償波有り

図 2 目標加速度波形

## 2.2 衝撃試験時の要求仕様

衝撃試験における目標波形に一般的に適用する半正弦波は、図2(a)のように最大加速度  $\alpha_{max}$  と作用時間  $t$  で規定する。JIS規格では、目標波形に対して  $\pm 20\%$  の範囲 (許容限界) 内の加速度で供試体を加振することを規定する<sup>2)</sup>。ここで、図2(b)のように、半正弦波の前後に補償波を付加することで、補償波が無い場合に比べて少ない変位、速度で規格を満足する加速度波形を生成できる。

しかし、補償波の生成式は公開されておらず、補償波を付与した目標波形生成時の最大速度、最大変位が装置の仕様内であるかを判断するには、振動試験機メーカーが提供する装置制御ソフトを用いる必要がある。そこで、判定シートに、衝撃試験実施の際に必要な変位や速度を算出する機能を加えた。

まず、上記制御ソフトによって、様々な加速度、作用時間の組み合わせの衝撃試験を実施するために必要な目標速度波形、目標変位波形を生成させる。ここで、応答波形の目標波形への一致度の許容限界は、文献(2)で規定したものである。また、目標波形はIMV(株)製K2を用いて作成し、複振幅が小さくなるよう、補償波の種類は“Type4”を用いた。生成した目標速度波形を図3、目標変位波形を図4に示す。

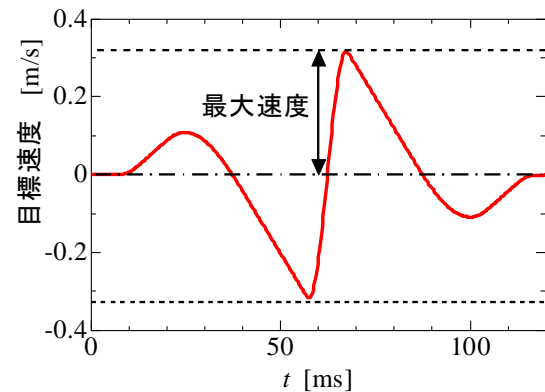


図 3 目標速度波形 (補償波有り)

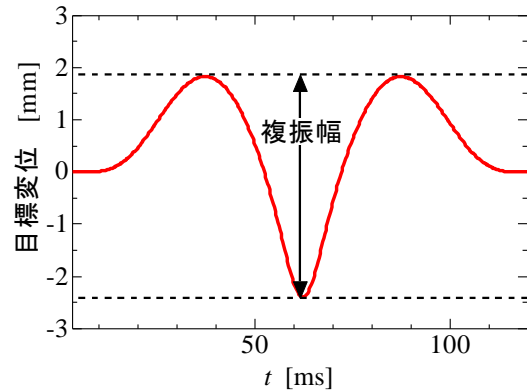


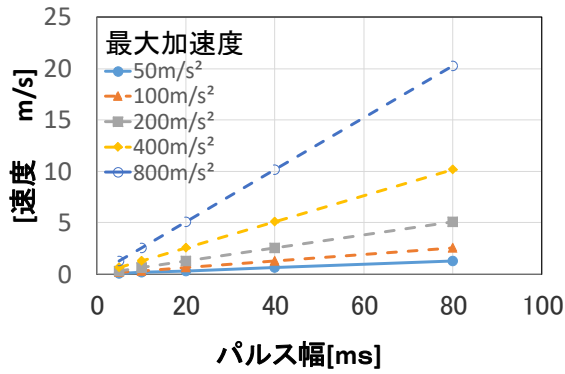
図 4 目標変位波形 (補償波有り)

図5に上記の試験条件から読み取った複振幅、最大速度を示す。図中のマーカ (●、▲等) は制御ソフトが算出した値である。これらの結果から、最小二乗法を用いて導出した最大速度  $V_{max}$ 、複振幅  $L_{max}$  の推定式を式(6)、式(7)に示す。

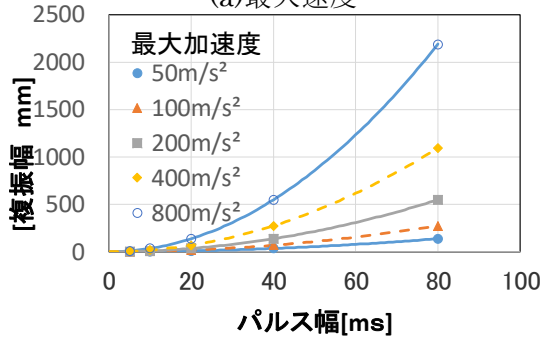
$$V_{max} = 0.3168 \alpha_{max} \Delta t \quad (6)$$

$$L_{max} = 428.3 \alpha_{max} \Delta t^2 \quad (7)$$

ここで、 $\alpha_{max}$  : 最大加速度 [m/s<sup>2</sup>]、 $\Delta t$  : 作用時間 [ms] である。図中の実線は推定式から求めた最大速度、複振幅を示す。制御ソフトで算出したそれぞれの値との誤差は1%未満となり、推定式が妥当であることを確認した。



(a) 最大速度



(b) 複振幅

図5 衝撃試験時の値

### 2.3 問い合わせに対する試験条件の入力

図6に示すエクセルシートに試験条件を入力し、振動試験の実施可否判定を行う。(a)は正弦波加振用の試験条件入力シートである。入力作業の省力化を図るため、加振方向、制御方法、装置形式はプルダウンメニューによって選択する。さらに、作業の効率化と未入力防止のため、入力が必要な領域のみ表示する書式制御を行った。図6(a)では、水平方向の制御方法を“加速度”としたため、“変位”項目(破線で囲んだ領域)は非表示となる。(b)は使用加振機、使用補助テーブルの選択画面である。(c)は衝撃試験用シートであり、この図では加振方向が“XY”のため、鉛直方向の条件入力セルは非

表示となる。

項目	値	単位
供試体質量	34	kg
加振方向	XYZ	
制御方法	変位と加速度	
片振幅	1	mm <sub>r-p</sub>
最低周波数	10	Hz
最高周波数	50	Hz
加速度	100	m/s <sup>2</sup>
最低周波数	10	Hz
最高周波数	200	Hz
偏心距離	0.050	m
制御方法	加速度	
加速度		
最低周波数		
最高周波数		
重心高さ	0.250	m

(a) 正弦波加振条件

装置型式	IMV J230/SA3M
鉛直補助テーブル	50cm角
安全率	1
モーメント安全率	1

(b) 加振機および補助テーブル

衝撃試験		
項目	値	
加振方向	XY	
加速度	10	m/s <sup>2</sup>
作用時間	5	ms
供試体質量	20	kg
許容限界補正波	JIS C60068-2-27 TYPE4	
重心高さ	0.086	m
偏心距離	0.060	m

(c) 衝撃試験

図6 試験条件入力画面

### 2.4 実施可否判定

試験実施可否の判定画面例を、図7に示す。(a)は実施可能と判定した際の画面である。全ての項目において評価値が仕様内に納まっているため、判定結果は全て“OK”と出力され、総合判定も“OK”となる。実用上は総合判定セルのみ確認することで、試験の実施可否を容易に判別可能である。また、“仕様に対する割合”列には、仕様に対する割合を示しており、割合の大きさに応じてセルの色を変えている。このため、仕様に対する余裕度を直感的に把握可能で、治具の重さや試験条件の再検討が容易である。

図7 (b)は試験が実施できない際の判定画面である。総合判定が“NG”と表示され、一目で試験実施が不可能なことがわかる。また、判定項目毎にNGであるかを調べることができ、試験条件の再検討が容易である。なお、(b)は水平方向加振のみであったため、判定に不要な鉛直方向の項目は非表示とし、視認性を高めている。



判定項目	評価値		仕様	判定結果	仕様に対する割合	
	値	単位				
可載重量	鉛直方向	49	kg	<= 300	OK	0.16
	水平方向	30	kg	<= 250	OK	0.12
片振幅	鉛直方向	25.3	mm0.p	<= 50	OK	0.51
	水平方向	25.3	mm0.p	<= 50	OK	0.51
加振力	鉛直方向	6,700	N	<= 16000	OK	0.42
	水平方向	12,800	N	<= 16000	OK	0.80
加速度	鉛直方向	100	m/s <sup>2</sup>	<= 888	OK	0.11
	水平方向	100	m/s <sup>2</sup>	<= 400	OK	0.25
速度	鉛直方向	1.6	m/s	<= 2.4	OK	0.66
	水平方向	1.6	m/s	<= 2.4	OK	0.66
最低周波数	鉛直方向	10.0	Hz	>= 5	OK	0.50
	水平方向	10.0	Hz	>= 5	OK	0.50
最高周波数	鉛直方向	200	Hz	<= 360	OK	0.56
	水平方向	500	Hz	<= 1250	OK	0.40
偏心モーメント	鉛直方向	150	Nm	<= 700	OK	0.21
許容共振倍率	鉛直方向	4.7				
曲げモーメント	水平方向	750	Nm	<= 2245	OK	0.33
許容共振倍率	水平方向	3.0				
<b>総合判定</b>					<b>OK</b>	

(a)試験実施可能時

判定項目	評価値		仕様	判定結果	仕様に対する割合	
	値	単位				
可載重量	鉛直方向	54	kg	<= 300	-	-
	水平方向	38.0	mm0.p	<= 50	-	-
片振幅	鉛直方向	38.0	mm0.p	<= 50	OK	0.76
	水平方向	38.0	mm0.p	<= 50	OK	0.76
加振力	鉛直方向	22,800	N	<= 16000	NG	1.43
	水平方向	150	m/s <sup>2</sup>	<= 888	-	-
加速度	鉛直方向	150	m/s <sup>2</sup>	<= 400	OK	0.38
	水平方向	2.4	m/s	<= 2.4	-	-
速度	鉛直方向	2.4	m/s	<= 2.4	OK	0.99
	水平方向	2.4	m/s	<= 2.4	OK	0.99
最低周波数	鉛直方向	10.0	Hz	>= 5	-	-
	水平方向	10.0	Hz	>= 5	OK	-
最高周波数	鉛直方向	200	Hz	<= 360	-	-
	水平方向	500	Hz	<= 1250	OK	0.40
偏心モーメント	鉛直方向		Nm	<= 700	-	-
許容共振倍率	鉛直方向				-	-
曲げモーメント	水平方向	2,025	Nm	<= 2245	OK	0.90
許容共振倍率	水平方向	1.1				
<b>総合判定</b>					<b>NG</b>	

(b)実施不能時

図7 試験実施可否判定画面

## 2.5 試験時間、試験費用の算出

対数掃引時の1サイクル当たりの掃引時間  $T$ [分]、振動回数  $N$ [回]は、次式で求めることが出来る<sup>2)</sup>。

$$T = \frac{\log_e(f_{max}/f_{min}) \times 2}{\log_e 2 \times SR} \quad (8)$$

$$N = \frac{(f_{max} - f_{min}) \times 60 \times 2}{\log_e 2 \times SR} \quad (9)$$

ここで、 $f_{max}$ :最大周波数、 $f_{min}$ :最小周波数、 $SR$ :掃引速度[oct/min]である。

2.3で入力した試験条件は再入力不要であり、掃引速度、掃引回数のみ変更すれば、図8のように試験時間、試験費用等を算出可能である。

## 3 まとめ

振動試験業務の効率化を図るため、一般的なPCで利用可能な、試験実施可否判定ソフトウェアを開発した。ソフトウェアを利用することで、試験実施可否を迅速に判定可能となるうえ、試験時間、試験費用も容易に算出可能となった。また、機器仕様に対する余裕度、許容共振倍率を算出するため、製作治具の重量等の再検討が可能である。

今後、利用を希望する企業、機関にシートを配布することで振動試験に関する業務のさら

なる効率化を行う。さらに、ランダム試験の実施可否判定機能について検討する。

項目	数値 (XYZ)	単位	掃引種類
加振方向			対数掃引
掃引種類	対数掃引		線形掃引
掃引速度(対数)	1	oct/min	掃引無し
掃引速度			oct/min
min/片道			
垂直	掃引回数(鉛直)	10	回
	掃引周波数範囲	190	Hz
	往復掃引時間(対数)	8.6	分
水平	掃引回数(水平)	10	回
	掃引周波数範囲	490	Hz
	往復掃引時間(対数)	11.3	分
掃引時間(水平)	112.9	分	
段どり時間	0	分	
利用時間		199.3	分
		3	時間
		19	分
調整時間	0	分	
費用算定時間	4	時間	
費用	11,760	円	

図8 試験時間、試験費用算出画面

## 参考文献

- 1) "環境試験方法-電気・電子-第3-6部:正弦波振動試験方法(試験記号:Fc):JIS C 60068-2-6", 財団法人日本規格協会, 東京(2010)
- 2) "環境試験方法-電気・電子-第2-27部:衝撃試験方法(試験記号:Ea):JIS C 60068-2-27", 財団法人日本規格協会, 東京(2011)
- 3) 動電式振動試験装置J230/SA3M取扱説明書、IMV株式会社(2009)p.4\_15-4\_21

# 有限要素法を用いた細径 McKibben 型人工筋肉の数値解析

Numerical analysis of small diameter McKibben type artificial muscle using finite element method

岩田 和夫・湯崎 真弘<sup>1</sup>・脇元 修一<sup>1</sup>

Kazuhiro IWATA, Masahiro YUZAKI and Shuichi WAKIMOTO

キーワード McKibben 型人工筋肉 / 有限要素法 / 数値解析

KEY WORDS McKibben type artificial muscle / Finite element method / Numerical analysis

## 1 はじめに

近年、安全性、ロバスト性の観点から、柔軟なアクチュエータの開発が盛んに行われている<sup>1)</sup>。その中でもMcKibben型人工筋肉は、柔らかな素材のみで構成され、加えて、電気や油ではなく空気圧により駆動する特徴がある。そのため、人体に接するような現場でも使用できることから、さまざまな研究、システムに応用されている<sup>2)</sup>。

図1に一般的なMcKibben型人工筋肉の構成と駆動原理を示す。McKibben型人工筋肉はゴムチューブ、繊維で編まれたスリーブ、空圧を印加するための両端端末で構成される。ゴムチューブは空圧を加えることで軸方向と径方向に膨張するが、スリーブによって軸方向の膨張が抑えられ、径方向の変位がスリーブの編み角の変化によって軸方向の変位に変換される。これにより、径方向に膨張しながら軸方向に収縮する。

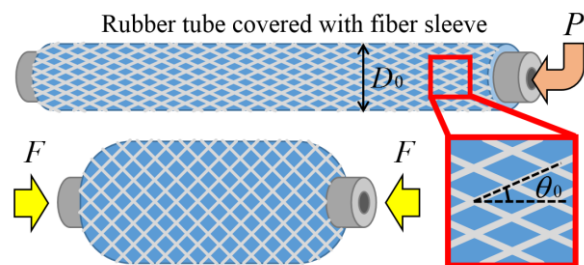


図1 McKibben型人工筋肉の構成と駆動原理

ゴムの弾性、厚み、両端端末を無視した場合の、無限長さを持つMcKibben型人工筋肉の理論的な発生力  $F$  は、初期スリーブ直径  $D_0$ 、印加圧力  $P$ 、初期スリーブ編み角  $\theta_0$  ( $0^\circ \leq \theta_0 \leq 90^\circ$ )、収縮率  $\varepsilon$  から式(1)のように計算できる<sup>3)</sup>。

$$F = \frac{\pi}{4} D_0^2 P \left( \frac{1}{\sin \theta_0} \right)^2 \{ 3(1 - \varepsilon)^2 \cos^2 \theta_0 - 1 \} \quad (1)$$

また、最大収縮率  $\varepsilon_{MAX}$  は、 $F = 0$  を式(1)に代入し

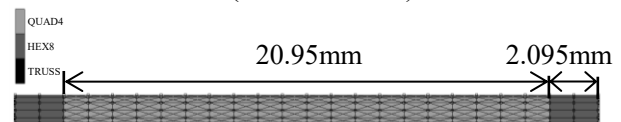
式変形することで、式(2)のように計算できる。

$$\varepsilon_{MAX} = 1 - \frac{1}{\sqrt{3} \cdot \cos \theta_0} \quad (2)$$

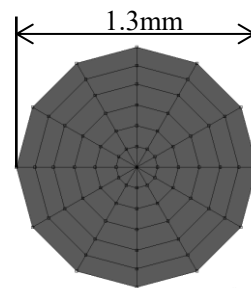
しかし、人工筋肉を複数組み合わせ合わせた複雑なシステムなどにおいて、人工筋肉に軸方向以外の力が加わり湾曲する場合には、その発生力や変形量などの挙動を計算することは非常に難しい。そこで本研究では、複雑なシステムの挙動を制御することを目的として、有限要素法(Finite Element Method : FEM)を用いた数値解析による細径McKibben型人工筋肉の再現を行った。また、解析結果と実際の人工筋肉の発生力と収縮率を比較し、計算モデルの妥当性を評価した。

## 2 FEM を用いた人工筋肉の数値解析

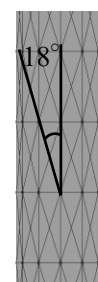
図2に実際の細径McKibben型人工筋肉を基に製作した有限要素モデルを示す。解析には汎用解析ソフト Marc (MSC Software)を用いた。



(a)全体図



(b)端面の形状



(c)繊維の初期編み角

図2 解析モデルの外観と寸法

両端端末には6面体のHEX8要素を用い、スリーブを構成する繊維には、断面積0.0113mm<sup>2</sup>に設定したライン要素のTRUSS要素を用いた。TRUSS要素は節点において球対偶のように接続

<sup>1</sup> 岡山大学大学院 自然科学研究科

されるため、適切にモデリングすることでスリーブの挙動を模擬することができる。スリーブの編み角は約18度、繊維本数は各螺旋方向で12本の計24本とした。また、ゴムチューブは非常に薄いため、厚みを0.2mmに設定したシェル要素のQUAD4要素を用いた。これらTRUSS要素とQUAD4要素を軸方向に20個積み重ねることで人工筋肉の実収縮部を構成した。

解析に用いた各材料定数を表1, 2にそれぞれ示す。特にゴムチューブは理想的な2D直交異方性特性を持つものとし、式(3),(4)を用いることでポアソン比 $\nu$ 、剛性率 $G$ を求めた。

$$\nu_{21} = \nu_{12} E_{22} / E_{11} \quad (3)$$

$$G_{12} = \frac{E_{11} E_{22}}{E_{11} + E_{22} + 2E_{22} \nu_{12}} \quad (4)$$

空圧印加による人工筋肉の収縮動作はゴムチューブを構成するQUAD4要素の空気室側と、蓋を構成するHEX8要素の空気室側に境界条件FACE LOADを用いて圧力を加えることで再現した。

表1 解析に用いる各材料定数

	ヤング率 [MPa]	ポアソン 比
繊維(TRUSS 要素)	6000	0.36
両端端末(HEX8 要素)	200000	0.30

### 3 数値解析結果と実験結果との比較

前章の解析モデルを用いて、数値解析を行った。実際の人工筋肉と比較のため、岡山大学で製作されたスリーブ直径 1.3mm、シリコンゴム

チューブ厚さ 0.2mm、実収縮部長さ 20mm の解析モデルとほぼ同形状の細径 McKibben 型人工筋肉を用いて実験を行った<sup>4)</sup>。実験は 0MPa から 0.4MPa まで 0.025MPa 毎に発生力と収縮率を測定した。数値解析結果と実験結果の比較を図3に示す。発生力については、式(1)で求めることができる理論値とも比較を行った。比較の結果、発生力、収縮率ともに小さなずれはあるが、傾向がよく一致している。解析のずれは、ゴムチューブを厚みの無いシェル要素に簡易化したことと、繊維、ゴムチューブ間の摩擦を考慮していないことが原因と考えられる。このことから、FEMを用いた数値解析により、実際の細径 McKibben 型人工筋肉の動きを模擬できているといえる。

### 4 まとめ

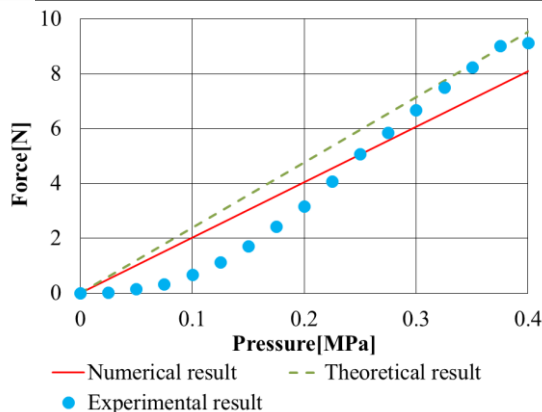
細径 McKibben 型人工筋肉の数値解析を行った。その結果、実際の人工筋肉の発生力、収縮率とよく一致する結果が得られたことから、計算モデルの妥当性を確認できた。

### 参考文献

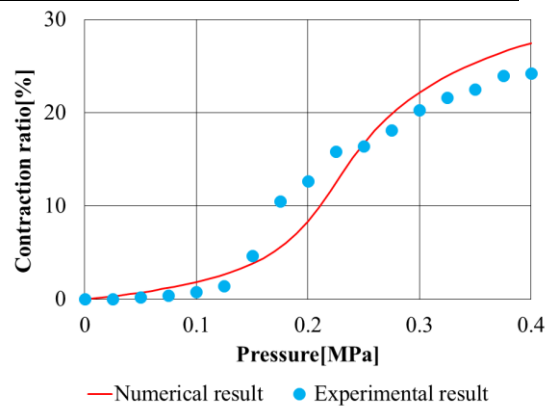
- 1) 例えば、鈴森康一：日本ロボット学会誌 Vol. 33 No. 9, 656 (2015)
- 2) 例えば、八瀬快人, 佐々木大輔, 高岩昌弘：ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2017, 1P1-L08 (2017)
- 3) Schulte H. F. *The Application of External Powers in Prosthetics and Orthotics*, National Academy of Sciences - National Research Council, Washington DC, 94 (1961)
- 4) Masayuki Takaoka, Koichi Suzumori, Shuichi Wakimoto, Kazuo Iijima, Takahiro Tokumiya, *The 5th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology*, 82 PB-22 (2013)

表2 解析に用いるゴムチューブ(QUAD4 要素)の異方性材料定数

$E_{xx}$	$E_{yy}$	$E_{zz}$	$\nu_{xy}$	$\nu_{yz}$	$\nu_{zx}$	$G_{xy}$	$G_{yz}$	$G_{zx}$
0.6	2.4	0.6	0.1225	0.49	0.49	0.401338	0.401338	0.201342



(a)発生力



(b)収縮率

図3 数値解析結果と実験結果の比較

# 畳み込みニューラルネットワークの全結合層階層化によるパラメータの削減

Reduction of the number of parameters by hierarchization of fully connected layer of convolutional neural network

平田 大貴・高橋 規一<sup>1</sup>

Daiki HIRATA, Norikazu TAKAHASHI

キーワード 畳み込みニューラルネットワーク / 全結合層 / 階層的クラスタリング  
KEY WORDS Convolutional neural network / Fully connected layer / Hierarchical clustering

## 1 はじめに

2012年の大規模画像認識コンテストILSVRCでのディープラーニング(AlexNet)<sup>1)</sup>の圧勝以来、ディープラーニングへの注目が集まっており、世界中で盛んにディープラーニングの研究が行われている。ディープラーニングは、画像認識、映像認識、音声認識、自然言語処理、異常診断、未来予測など様々な分野へ応用することができ、サポートベクターマシン(SVM)<sup>2)</sup>など従来の機械学習手法に比べて高い精度が期待できる。しかしながら、学習・評価の処理に長い時間がかかるため学習・評価処理の時間短縮が一つの課題となっている。長い学習・評価処理の時間が必要な要因として、畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network; CNN)<sup>3)</sup>の全結合層は、畳み込み層、プーリング層と比較して、処理する結合の重みパラメータ(以降、パラメータとは結合重みのことを指すものとする)の数が非常に多いことが挙げられる。

本研究では、CNNの全結合層を階層化してパラメータ数を削減することで、評価処理を高速化したモデルを提案する。本報告では、提案モデルの具体的な内部構造と評価処理の手順、従来法と比較したデータの評価処理の時間、入力データの評価精度について報告する。本報告での階層化とは、クラスタリング情報を元に全結合層を分岐させることを指すものとする。

## 2 提案モデルの構造と評価処理の手順

図1に従来モデル、図2に提案モデルの概略を示す。提案モデルでは、クラスタリングの情報を元に、入力データがどのクラスターに該当するか判別するクラスター判別器を構成する。さらに、クラスター判別器の下に、データがクラスター内のどのクラスに該当するかを判別する

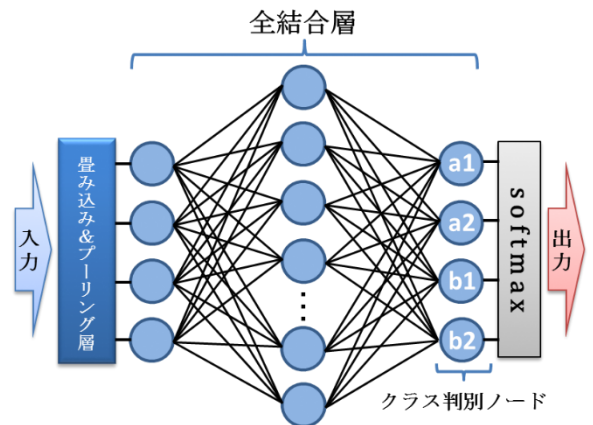


図1 従来の CNN モデル

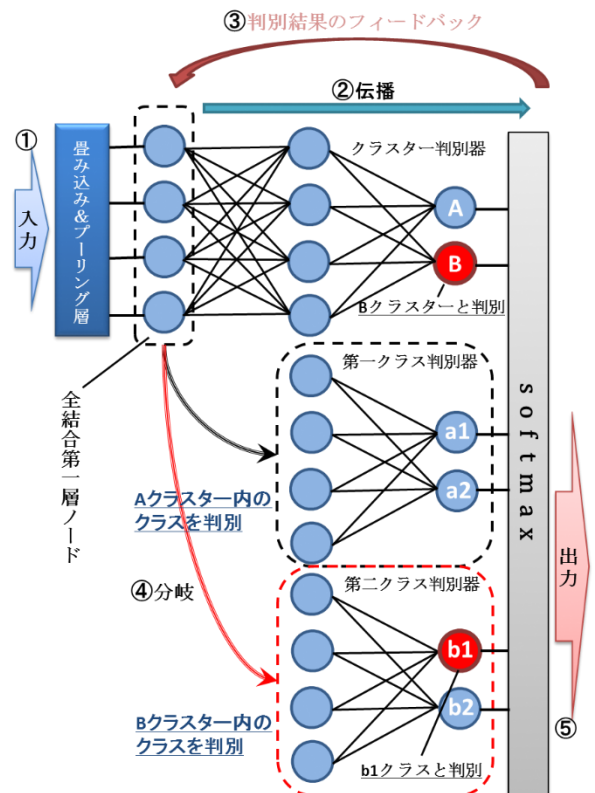


図2 提案した CNN モデル  
(B クラスターに属する b1 クラスの場合)

<sup>1</sup> 岡山大学大学院 自然科学研究科



クラス判別器を各クラスターに対応する形で構成して、全結合層を階層化する。図1, 2を比較すると、ネットワークを階層化することで出力ノード数や中間ノード数が減るため、全結合層内部のパラメータの数が減少していることがわかる。また、クラスターを判別した後、該当するクラス判別器のみ学習・評価処理を行うため、パラメータの数はさらに減少する。パラメータ数が減少するほど、ニューラルネットワークの評価処理時間は短くなることが予想される。

データの評価処理の手順を以下に示す。なお、手順番号は図2中の番号と一致している。

1. 入力データを処理し、全結合第一層ノードの内部表現を保存する
2. 全結合第一層ノードの情報をクラスター判別器で判別する
3. 判別結果をフィードバックする
4. 該当するクラスターに対応するクラス判別器に、保存した内部表現を入力して判別する
5. 結果を出力する

また、本提案モデルは生成した各クラスターをさらに分割して小さなクラスターを生成することで、階層数を上げることができる。本報告では、クラスタリングを1回適用して階層数を2にしたものを二階層モデル(図2)、クラスタリングを2回適用して階層数を3にしたものを三階層モデルと呼ぶこととする。

### 3 結果と考察

従来モデル、二階層モデルおよび三階層モデルの平均評価処理時間を比較した。本計測は簡単化のため、畳み込み層とプーリング層を取り除いて全結合層のみで行った。計測条件を表1に示す。計測には、CPU:Xeon E5-2640, GPU:GTX 680を用いた。また、計測結果を表2に示す。

二階層モデルは、パラメータ数の減少の通り、従来モデルの40/1000の評価処理時間であった。また、三階層モデルは従来モデルの44/1000の評価処理時間であった。処理パラメータ数が最も少ないはずの三階層モデルが二階層モデルより評価処理に時間がかかるという結果が得られたが、これはネットワークを小さく階層化しすぎたことで、パラメータ数の減少よりも出力部のsoftmax関数の処理が一回増えた影響の方が大きくなったためと考えられる。この結果から、ネットワークの評価処理時間を短くするためには、単に階層数を増やすのではなく、パラメータの減少数を考慮しながらクラスター数や階層数を決定する必要があることがわかった。

表1 評価処理時間の計測に用いたモデル構造と条件

従来モデルの層数	2層
提案モデルの各判別器の層数	2層
全結合第一層ノード	784
全結合層の中間ノード	出力ノード数×10
クラス数	1000
クラスター構造(二階層)	クラスター: 50 クラス/クラスター: 20
クラスター構造(三階層)	親クラスター: 10 子クラスター/親クラスター: 10 クラス/子クラスター: 10
活性化関数	ReLU
出力層関数	softmax
データとパラメータ	ランダム

表2 各モデルのパラメータ数と評価処理時間

モデル	平均評価処理時間(s)	処理パラメータ数	全体のパラメータ数	従来モデルとの評価処理時間比
従来モデル	0.00613	17840000	17840000	1
二階層モデル	0.00025	577800	8457000	40/1000
三階層モデル	0.00027	238200	1667400	44/1000

表3 精度計測に用いたCNN構造

畳み込み層	2層
プーリング層	2層
全結合層	2層
全結合層の中間ノード	出力ノード数×10
クラスター数	3(クラス数: 4,4,2)
活性化関数	ReLU
出力層関数	softmax
最適化アルゴリズム	Adam <sup>4)</sup>

次に、提案モデルを用いてCNNを構築し、学習と評価精度の計測を行った。学習・評価には、一般的に手書き数字の判別に用いられるMNISTデータセットを利用した。CNNの構造は表3のように設定した。Adamのハイパーパラメータは、 $\alpha=0.001$ ,  $\beta_1=0.9$ ,  $\beta_2=0.999$ ,  $\epsilon=10^{-7}$ とした。ここで、 $\alpha$ は学習量を調整するための学習率、 $\beta_1$ ,  $\beta_2$ はモーメント推定のための指数関数的減衰、 $\epsilon$ はゼロ除

算を防ぐための小さな正の数である。

また、学習に必要な教師信号は元の教師信号からクラスタリング情報を元にして、クラスター判別器用の教師信号とクラス判別器用の教師信号をそれぞれ生成した。

ネットワークに学習させながらクラスター判別器の評価精度の計測を行ったところ、テストデータに対する評価精度は学習が進むにつれて増大し、最大6割に達した。しかし、それ以降に過学習が発生し、評価精度が低下する結果となった。

過学習が起こった原因は、複数の異なった特徴を持つクラスを一つのクラスターにまとめたため、クラスター判別器がデータの特徴を捉えにくくなったからではないかと考えている。過学習の対策としては、本研究で述べたクラス特徴量を対象としたクラスタリングではなく、学習済みモデルの最終層の結合重みパラメータを対象としたクラスタリングによる階層化手法を検討している。その他の対策としては、Dropoutの導入、転移学習、最適化手法の変更、クラスター生成規則の変更、クラスタリング手法の変更などが考えられる。それらの対策を行った後に、従来モデルと提案モデルの学習処理時間と評価精度の比較を行いたいと考えている。

#### 4 まとめ

CNNの全結合層を階層化したモデルを提案し、評価処理時間が削減されることを確認した。過学習の対策については今後の課題とする。

#### 参考文献

- 1) A. Krizhevsky, I. Sutskever and G.E. Hinton: Advances in Neural Information Processing Systems, 1097 (2012)
- 2) C. Cortes and V. Vapnik: Machine Learning, Vol.20, No.3, 273 (1995)
- 3) Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio and P. Haffner: Proc. of the IEEE, Vol.86, No.11, 2278 (1998)
- 4) D.P. Kingma and J. Ba: Adam: Proceedings of International Conference on Learning Representations (2015)

# 製造業におけるイノベーション戦略の策定手法

～自動車産業を例にあげて～

Designing Methods for Innovation Strategy of Manufacturing Industry: Case Study of the Automobile Industry

常定 健・児子 英之・永山 則之

Takeshi TSUNESADA, Hideyuki NIGO and Noriyuki NAGAYAMA

キーワード イノベーション / 製造業 / OODA(ウーダ)ループ / シナリオ・プランニング  
KEY WORDS Innovation / Manufacturing industry / OODA loop / Scenario planning

## 1 はじめに

グローバル化の進展や市場の成熟等により顧客のニーズは多様化し、IT化による製品単体のコモディティ化なども重なって、製品単体の性能だけで価値を生み出すことは難しくなっているが、我が国企業は新たな顧客価値獲得のための環境変化に対応が追いついていない<sup>1)</sup>。このような認識から、日本企業の成長にはイノベーションが不可欠だとされている。イノベーションとは、新しい製品やサービス、新しい生産や流通の手段・方法、および、それらを実現可能にする新しい技術のうちで、顧客にこれまでにない新しい価値をもたらして新規需要を創出するもの<sup>2)</sup>である。日本では、「イノベーション＝技術革新」という認識が定着していることから、研究開発により新たな知見を得て、新製品を生み出すことに重点が置かれがちである。しかし、イノベーションにおいて、研究開発は顧客価値獲得のひとつの手段に過ぎない。

日本企業は、改良を重ねることで新製品を生み出す手法に長けており、イノベーションにおいても類似の手法を用いて新製品を上市してきた。しかし、アナログの価値次元をさらに高度化する発想が強すぎたために、デジタルにおける新しい価値次元を生み出すことに失敗したとの指摘<sup>3)</sup>に象徴されるように、革新的製品が短時間で市場を席卷してしまう状況では、改良を重ねる手法が、無力であるどころか、画期的な製品の開発を妨げてしまう場合もある。

イノベーションを成功させるためには、長期的視点に立った戦略の構築が求められるものの、非連続的なイノベーションが持つ不確実性の高さ<sup>4)</sup>がその妨げになっている。実際、未知のマーケットに関する事業計画の策定は容易でない。

そこで本報告では、不確実性の高い状況におけるイノベーション戦略の策定手法について考察し、自動車産業を事例にして、具体的な方策の試行を行った。

## 2 モデルの比較

一般的に、継続的な改善を続けていく場合、PDCAサイクルがよく用いられる。PDCAサイクルは、計画(Plan)- 実行(Do)- 評価(Check)- 改善(Act)のサイクルを繰り返す手法であり、生産管理や品質管理などの業務において、多くの企業で用いられている。製品開発の分野では、研究開発マネジメントにPDCAサイクルが用いられ、成果に応じた予算配分などに活用されている。このように、製品開発プロセスにも役立つPDCAサイクルであるが、PDCAサイクルは過去の実績からフィードバックを得ることで次の行動を起こす方法であるため、非連続的なイノベーションには向いていない。非連続的なイノベーションでは、改善を繰り返すのではなく、過去を断絶して、自分たちが達成したい状態に向かって、行動を起こさなければならない。

そこで、最近、OODAループと呼ばれる方法が注目されている。OODAループはアメリカ空軍のジョン・ボイド大佐によって提唱された手法で、観察(Observation)- 情勢判断(Orientation)- 意思決定(Decision)- 行動(Action)のループを回すことにより、迅速で柔軟、かつ合理的な判断の実現を図る手法である(図1)。

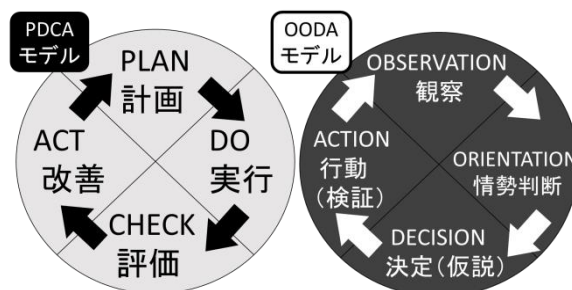


図1 PDCAサイクルとOODAループ

PDCAサイクルでは自らが「計画」することから始まるが、OODAループでは、外部環境をよく「観察」して、状況を知ることから始まる。次

に、「観察」で得られた情報や知識などをもとに自らが置かれた状況を理解し、「情勢判断」を行う。その判断結果をもとに、採るべき方針を「決定」する。状況は常に変化するため、「行動」後は素早く「観察」に戻り、OODAループを回し続けることになる。

PDCAサイクルとOODAループの比較では、どちらのほうが優れているのかといった議論になりがちであるが、実際はケースバイケースである。物事を計画どおりに進めればよい状況であれば、PDCAサイクルが効果的であり、そのような場面は現在でも少なくない。PDCAサイクルの欠点は、不確実性が高く、完璧な計画を立てられない場合である。PDCAサイクルにおける「計画」が時代遅れにならないよう、PDCAサイクルを高速で回すという手法が試みられている<sup>5)</sup>が、イノベーション戦略では、短期間で適正な「評価」を下すのが難しい。一方、OODAループでは、結果をフィードバックするだけでなく、常に最新の状況を「観察」して認識を見直していくため、誤った「計画」どおりに進み続けることを避けることができる。

しかしながら、OODAループは、もともとアメリカ海兵隊等の兵士が、個人として迅速、的確に意思決定する場合に用いられる手法であるため、企業のイノベーション戦略に応用するには、組織としての視点が必要になる。企業における「観察」は、内部観察と外部観察に分けられる。それらの観察手法としては、SWOT分析がよく知られている。SWOT分析では、内部環境と外部環境を強み(Strengths)、弱み(Weaknesses)、機会(Opportunities)、脅威(Threats)の4つのカテゴリーに分類して要因分析を行う。SWOT分析については様々な解説書が出されているので、詳細は成書に譲りたい<sup>6)</sup>。

OODAループにおいて最も重要視されるのは、「Big O」<sup>7)</sup>と呼ばれている「情勢判断」である。イノベーション戦略においては未知のマーケットを想定することになるが、将来のマーケットに関する「情勢判断」を誤れば、戦略に大きな狂いが生じる。しかし、容易に予想がつくマーケットであれば、多くの参入企業との競争になることを覚悟しなければならないため、市場環境を予想することが難しい。全く新しい市場の創造を目指す場合は、未知のマーケットを予測すること自体が困難である。

このように、イノベーション戦略では不確実性を避けることはできない。つまり、「情勢判断」をもとにした「決定」は、常に不確実性下で行われことになるため、「決定」の正しさよりも、状況の変化に応じた「決定」の迅速な修正能力

が求められる。そのためにも、常に、「情勢判断」により、自らが置かれた状況を迅速、的確に把握しなければならない。本研究では、自動車産業を事例にして、不確実性下での「情勢判断」を助ける方法としてのシナリオ・プランニング法を取りあげる。

### 3 事例紹介

シナリオ・プランニングは、未来世界を物語るストーリーを作成することで、未来の不確実性を整理、分析し、それに対応するための手法である。したがって、未来を的確に予測するためのものではなく、起きるかもしれない(その可能性のある)未来の様々な姿に、わたしたちの目を向けさせることに意義があるものとして用いられる<sup>8)</sup>。具体的には、起こりうる不確実な事象に関してファクターを想定し、それらのなかで重要度の高い2つの事象をドライビングフォースとして抽出し、それらを組み合わせた影響の評価を行う。本手法は適応型シナリオ・プランニングと呼ばれるもので、OODAループの「情勢判断」に活用できる。

自動車産業に関して、世界の次世代自動車の動向に大きな影響を及ぼすドライビングフォースのひとつは、「地球温暖化防止の国際規制が強まるか、それとも現状のままにとどまるか」である。2015年、国際的枠組みとして採択されたパリ協定に基づき、地球の平均気温の上昇を産業革命以前と比較して2°C未満にとどめるための目標および行動計画を各国が定めた。しかし、目標の達成は現実には難しい。締結国間で激しい利害対立が生じており、調整が難航して、目標が全く達成されない可能性もある。一方で、国際的な協力が進んで、温室効果ガス排出量の削減が急速に進む可能性もある。

もうひとつのドライビングフォースは、「大容量二次電池の技術開発がさらに進むか、それとも停滞するか」である。EV(電気自動車)にとって、走行距離を決定づける車載用二次電池の容量とその価格が重要であることは言うまでもないことであるが、それ以外の事情も存在する。EVが普及した場合、EVの夜間充電に伴う電力負荷に対応した電力システムの整備が求められ、系統側にも大容量二次電池が必要になるものと考えられる。現在普及しているリチウムイオン電池の性能は、理論上の限界に近づきつつあることから、より大容量である次世代電池の開発が進められている。しかし、現行のリチウムイオン電池に勝る次世代電池が開発されるかどうかは不明である。これら2つのドライビングフォースを軸にして作成した、「次世代自動車の展望」に



関する未来図を図2に示す。この図は、2040年の世界において販売される自動車をイメージして作成したものである。

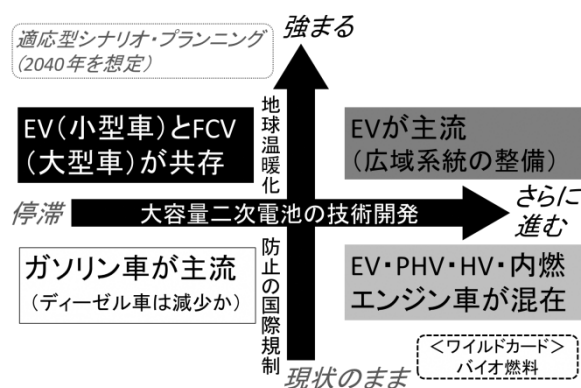


図2 2040年の全世界における次世代自動車

地球温暖化防止の国際規制がさらに強まり、大容量二次電池の技術開発がさらに進めば、EVシフトが急速に進む可能性は高い。大容量二次電池の技術開発は進むものの、地球温暖化防止の国際規制が現状程度にとどまるのであれば、先進国ではEVが増えるものの、依然として、ガソリン車もなくなるならない。中間的な存在であるHV（ハイブリッド車）やPHV（プラグインハイブリッド車）も市場性を失わず、様々なタイプの自動車が混在する状況になることが予想される。逆に、地球温暖化防止の国際規制が強まる一方で、大容量二次電池の技術開発が期待どおりに進まない、EVは小型車や近距離向けに特化し、それ以外ではFCV（燃料電池自動車）が主流になる可能性が高い。最後に、大容量二次電池の技術開発が進まず、地球温暖化防止の国際規制も現状程度にとどまるのであれば、内燃機関で動く自動車が主流であり続けるだろう。しかし、排ガス問題から、ディーゼル車からガソリン車への置き替えは進むかもしれない。最後に、シナリオ・プランニングには、ワイルドカードというものがある。ワイルドカードには、蓋然性は認められないが、起きれば非常に大きなインパクトをもたらす、シナリオ全体を狂わせる出来事が記載される。本事例の場合、藻類や非穀物系のバイオ燃料は、温室効果ガス削減の切り札になる可能性を持っている。

図2を見れば、FCVよりもEVのほうが普及する可能性が高いように感じられる。しかし、自分に見えているものは、他人にも見えていることに注意しなければならない。つまり、EV市場での競争激化は避けられない状況であり、同業他社の動向を「観察」しておくことは、「情勢判断」に欠かせない。さらに、EVにおいては、コモン

アーキテクチャー（多様な製品を同じ開発・生産プロセスで設計・製造するための基本骨格）の変化にも注目しなければならない。EVでは、垂直統合型ビジネスモデルを崩壊させるような部品仕様の標準化にまで進むとの意見も少なくないことから、異業種企業の参入動向についても「観察」が欠かせない。

#### 4 まとめ

イノベーションを成功させるためには、長期的視点に立った戦略の構築が求められる。しかし、非連続的なイノベーションが持つ不確実性の高さが、イノベーション戦略策定の妨げになっている。本報告では、その策定を円滑に進める手法としてOODAループを取りあげ、自動車産業を例に、OODAループにおける「情勢判断」を助ける手段として、シナリオ・プランニング法を提案した。

もし、PDCAサイクルで、自動車業界における長期的戦略の策定を行った場合、次世代自動車の世界潮流を見誤ることで、戦略全体に狂いが生じるかもしれない。一方、シナリオ・プランニングにおいても、未来を予想することはできないが、自分の置かれた立ち位置を知っておくことで、小さな変化を見逃さず素早く対応できる可能性が高まるものと期待される。

#### 参考文献

- 1) 産業構造審議会 第4回産業技術環境分科会 配布資料：“イノベーション政策について”，経済産業省(2016)
- 2) 近能善範, 高井文子著：“コア・テキスト イノベーション・マネジメント”，新世社, p. 7 (2010)
- 3) 吉川良三：“日本企業のグローバル市場における成功に向けたポイント”，「貿易・国際収支の構造的変化と日本経済に関する研究会」(財務総合政策研究所) 報告書(2013)
- 4) 石井正道：“非連続イノベーションに関する戦略策定プロセスの研究—一意的に創発をコントロールするプロセスの提案—”，イノベーション・マネジメント(5), 41 (2008)
- 5) 富田和成著：“鬼速PDCA”，クロスメディア・パブリッシング(2016)
- 6) 嶋田利広著：“SWOT分析 コーチング・メソッド”，マネジメント社(2014)
- 7) 野中郁次郎著：“知的機動力の本質”，中央公論新社, p. 94 (2017)
- 8) Woody Wade 著：“シナリオ・プランニング 未来を描き、創造する”，英治出版(2013)

# ステンレス鋼への *Vibrio parahaemolyticus* の付着におよぼす pH の影響

Effect of pH on adhesion of *Vibrio parahaemolyticus* on stainless steel

高橋 和宏・竹原 淳彦・浦野 博水

Kazuhiro TAKAHASHI, Atsuhiko TAKEHARA, and Hiromi URANO

キーワード ステンレス鋼微粒子/ 腸炎ビブリオ/ 付着/ pH/ 表面電荷特性

KEY WORDS Stainless steel particles/ *Vibrio parahaemolyticus*/ Adhesion/ pH/ Surface charge property

## 1 はじめに

*Vibrio parahaemolyticus* は海水中に存在するグラム陰性の食中毒細菌で、1950年に日本で初めて単離された細菌である。*V. parahaemolyticus* を原因菌とする食中毒は、*V. parahaemolyticus* が付着した海産物の生食または不十分な加熱調理を原因として発生する。*V. parahaemolyticus* は、通常、海水中や魚介類の表面に存在する。これらの魚介類に付着した *V. parahaemolyticus* は、食品製造装置表面と接触すると、容易にこれらの表面に移行するため2次汚染を引き起こすことが知られている<sup>1)</sup>。従って、*V. parahaemolyticus* による2次汚染を低減させるためには固体表面への *V. parahaemolyticus* の付着特性を把握することが重要となる。本研究では、*V. parahaemolyticus* の付着特性を明らかにすることを目的として、ステンレス鋼微粒子を利用したモデル実験を行い、付着等温線の測定と飽和付着量と pH の関係を調べ静電的相互作用の観点から考察した。

## 2 実験方法

### 2.1 供試微生物および材料

*V. parahaemolyticus* NBRC 12711 は製品評価技術基盤機構 (NITE) より入手した。培養は2%のNaClを添加したTryptic Soy broth (TSB; メルク) を使用した。ステンレス鋼微粒子 (粒子径; 約 10  $\mu\text{m}$ , 比表面積; 0.3  $\text{m}^2/\text{g}$ ) は(株)ニラコより購入した。

### 2.2 相対プロトン吸着密度 (表面電荷密度) の測定

100 mL の生理食塩水 (pH 3.5, 硝酸で調製) に *V. parahaemolyticus* 菌懸濁液またはステンレス鋼微粒子を入れ、0.1 M 水酸化カリウム (KOH) 水溶液で pH 10 まで滴定した。同じ pH 値でのブランク水溶液 (pH 3.5 生理食塩水) に対する KOH の滴加量の差から表面電荷 (相対プロトン吸着量) を算出した<sup>2)</sup>。

### 2.3 ステンレス鋼微粒子表面への *V. parahaemolyticus* の付着等温線

*V. parahaemolyticus* の菌懸濁液を適宜希釈または濃縮し、そこから 5 mL の菌懸濁液を分取し、0.5 g のステンレス鋼微粒子とともにガラスバイアル (25 mL 容積) に移し、25°C で 2 時間恒温振盪 (120 rpm) することで付着させた。ステンレス鋼微粒子に付着した菌体量は全有機体炭素計の固体燃焼装置を使用して定量した。

### 2.4 ステンレス鋼微粒子表面への *V. parahaemolyticus* の付着におよぼす pH の影響

$3 \times 10^9$  CFU/mL の濃度に調製した *V. parahaemolyticus* 懸濁液の pH を 0.1 M 硝酸または 0.1 M 水酸化ナトリウム水溶液で 2.8-10 に調整後、前述と同様にしてステンレス鋼微粒子に付着させた。付着菌体量は前述と同様にして定量した。

## 3 結果と考察

### 3.1 *V. parahaemolyticus* とステンレス鋼微粒子の表面電荷特性

図 1 の上図は *V. parahaemolyticus* の乾菌体 (mg) あたりの相対プロトン吸着密度と pH の関係を、下図はステンレス鋼微粒子表面の相対プロトン吸着密度と pH の関係を示す。相対プロトン吸着密度が見掛け上ゼロとなる pH (見掛けの零電荷点; PZC<sub>app</sub>) は *V. parahaemolyticus* で 6.1、ステンレス鋼微粒子で 9.6 であった。この結果から、pH が 6.1 より低い場合および 9.6 より高い場合、ステンレス鋼微粒子表面と菌体表面の電荷は同符号であるため両者の間には静電的斥力が働くこと、pH 6.1~9.6 の範囲ではステンレス鋼微粒子表面 (正電荷) と菌体表面 (負電荷) の間に静電的引力が働くことがわかる。

### 3.2 *V. parahaemolyticus* のステンレス鋼微粒子への付着等温線

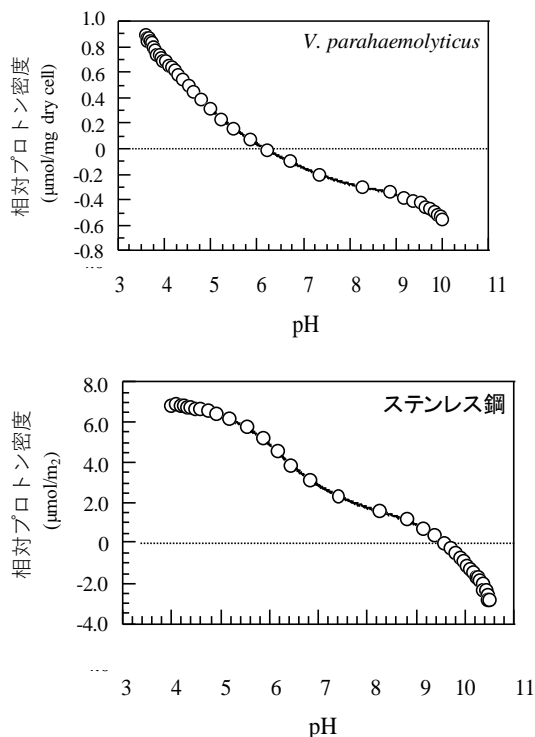


図 1 *V. parahaemolyticus* およびステンレス鋼微粒子の相対プロトン吸着密度と pH の関係

図 2 にステンレス鋼微粒子表面への *V. parahaemolyticus* の付着等温線 (25°C) を示す。付着は *V. parahaemolyticus* の  $PZC_{app}$  である pH6.1 で行った。平衡菌体濃度の上昇にともない付着菌体量は増加し、平衡菌体濃度  $3 \times 10^9$  CFU/mL で飽和付着量に到達した。

### 3.3 *V. parahaemolyticus* のステンレス鋼微粒子への付着におよぼす pH の影響

図 3 に *V. parahaemolyticus* の飽和付着量におよぼす pH の影響を示す。pH2.8-10.0 の範囲において、*V. parahaemolyticus* は  $3 \text{ mg dry cells/m}^2$  以上の付着量であった。菌体表面とステンレス鋼微粒子表面の間に働く静電的相互作用は付着現象に影響をおよぼす因子の一つであるが、静電的斥力の働く pH 範囲でも自然に付着が起こった。この結果から、菌体-ステンレス鋼微粒子間の静電的相互作用は付着量におよぼす影響は小さいと考えられた。この付着現象は *V. parahaemolyticus* の細胞表面に存在するリポ多糖類や、菌体外に制したタンパク質や多糖類等 (EPS)<sup>3)</sup> の存在が、菌体-ステンレス鋼微粒子表面間に働くエネルギー障壁 (静電的斥力) を低下させる ステンレス鋼 に起こると考えられている<sup>4)</sup>。

*V. parahaemolyticus* の飽和付着量の最大値は  $PZC_{app}$  (6.1) の近傍の pH5 - 6 で得られた。同様の現象はタンパク質<sup>5)</sup> や酵母の吸着<sup>2)</sup> でも確認されている。 $PZC_{app}$  ではタンパク質分子間、菌体間

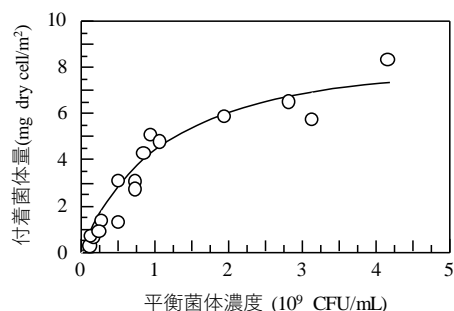


図 2 *V. parahaemolyticus* の付着等温線

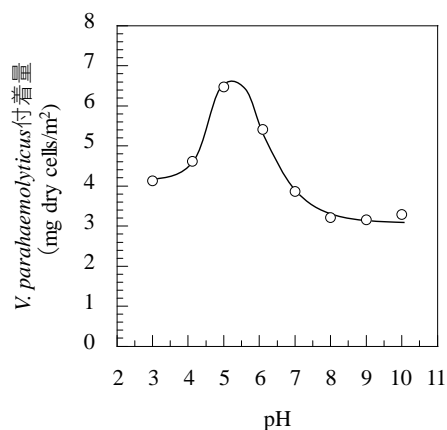


図 3 *V. parahaemolyticus* の飽和付着量におよぼす pH の影響

の静電的反発力が小さくなり、表面近傍での濃度や菌体密度が最大になる。*V. parahaemolyticus* のステンレス鋼微粒子表面への付着量は、菌体-ステンレス鋼微粒子間の静電的相互作用よりも表面近傍の菌体密度により大きな影響を受ける結果、菌体の  $PZC_{app}$  付近の pH 値で最大になると考えられた。

## 4 まとめ

ステンレス鋼微粒子をモデル担体として、*V. parahaemolyticus* の付着現象を調べたところ、飽和付着量の最大値は *V. parahaemolyticus* の  $PZC_{app}$  付近の pH で得られることがわかった。菌体付着量は表面近傍の菌体密度の影響を受けると考えられた。

## 参考文献

- 1) H. C. Wong, H. C., Y. C. Chung, and J. A. Yu: Food Microbiol., 19, 341 (2002)
- 2) H. Urano, K. Nagata, and S. Fukuzaki: Biocontrol Science, 7, 131 (2002)
- 3) K. Kavita, A. Mishra, and B. Jha: Biofouling, 27, 309 (2011)
- 4) 森崎久雄, 服部黍子: “界面と微生物”, 学会出版センター (東京), pp13-32 (1987)
- 5) S. Fukuzaki, H. Urano, K. Nagata: J. Ferment. Bioeng., 80, 6 (1995)

# エレクトロスピンニング法を用いた セルロースナノファイバー複合繊維の作製

Preparation of CNF/PVA Composite Fiber using Electro Spinning Method

藤井 英司・古谷 充章  
Eiji FUJII, Mitsuaki FURUTANI

キーワード セルロースナノファイバー / ポリビニルアルコール / エレクトロスピンニング  
KEY WORDS Cellulose nanofiber / Polyvinyl alcohol / Electro spinning

## 1 はじめに

セルロースナノファイバー (CNF) は木材から得られる木材繊維をナノサイズにまで超解繊して得られる繊維状のバイオマス素材である。CNF は植物繊維由来であることから、生産・廃棄に関する環境負荷が小さく、軽量・高強度・高比表面積・低熱膨張性・高ガスバリア性等、優れた特性を有していることより、様々な分野への応用が期待されている。特に、CNF をフィルター材として利用した繊維補強型プラスチック<sup>1,2)</sup>、構造材として利用したシート・不織布、水系組成物の高機能分散体 (添加剤やゲル基材) などへの応用が期待されている。

本研究では、CNF が有する高強度・高比表面積・生体親和性などの特性に着目し、高機能性フィルター (特異的吸着用、物質サイズ分画用、タンパク・ウイルス吸着用) としての応用を目的として、CNF 複合繊維シートの作製を検討した。繊維シート化技術としては、広範囲のポリマー種に適用でき、簡便な手法で製膜できるエレクトロスピンニング法を用いることにした<sup>3)</sup>。エレクトロスピンニング法とは、高電圧をノズルに加え、そこから噴霧されるポリマーを含む溶液に電圧を印加させることにより、マイクロファイバーやナノファイバーを作製する方法である (図1)<sup>4)</sup>。CNF 水溶液のみでは、紡糸性が乏しいため、水中に分散した状態である CNF と混合できる材料として、水溶性ポリマーであるポリビニルアルコール (PVA) を補助材として用いることにした。そこで、エレクトロスピンニング法による CNF/PVA 複合繊維の作製条件の検討を行った。

## 2 実験方法

水溶性ポリマーとして、PVA (和光純薬工業製; 重合度 500, 2000) を使用した。各重合度の 8 mass% PVA 溶液を 100 ml 調製し、60 °C、24 時間、スターラーで攪拌を行いながら還流することにより完全溶解させた。CNF/PVA 溶液は、8

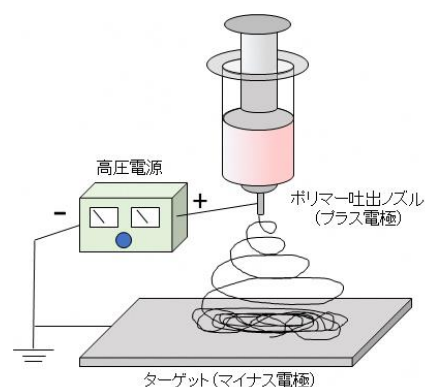


図1 エレクトロスピンニング概略図

mass%の PVA (重合度: 2000) 溶液 18 ml と 2 mass%の CNF (スギノマシン製; BiNF<sub>i</sub>-s) 2 ml をスターラーで 2 時間、混合した。真空デシケータを用いて、エレクトロスピンニングの原料溶液を 1 時間、減圧し、脱泡した。先端に垂直カットされた針を装着させたプラスチックシリンジに脱泡した原料溶液を充填した。準備したプラスチックシリンジをエレクトロスピンニング装置 (カトーテック (株)) に装着し、エレクトロスピンニングを行った。スピニングは各原料溶液とも、電圧 15 kV、シリンジ押し込み速度 0.054 mm/min、ターゲット回転速度 1 m/min、シリンジ-ターゲット間距離 10 cm の条件で行った。作製した試料の形態観察を反射型光学顕微鏡 (DSX500; オリンパス (株)) および電界放出形電子顕微鏡 (FE-SEM: JSM-7500FA; 日本電子 (株)) により行った。

## 3 結果

2 種類 (重合度 500, 2000) の試料溶液に電圧を印加した際、ノズル先端部でテイラーコーンの形成が確認できた。テイラーコーンとは、紡糸過程でノズルより押し出されたポリマー溶液の表面電荷による分散力が表面張力を超えた際、





図2 異なる重合度のPVA溶液を用いて作製した試料の外観写真  
(左：重合度500、右：重合度2000)

形成される円錐状のものであり、その状態から引き伸ばされた溶液は溶媒の蒸発に伴い細くなると同時に電荷密度が上昇し、分裂を起こしさらに細繊維化する。そのため、テイラーコーンの形状の確認は、エレクトロスピンニング法では、大変、重要である。

図2に重合度500および2000のPVA溶液を用いてエレクトロスピンニングを行った試料の外観写真を示す。重合度500のPVA溶液を用いたエレクトロスピンニングでは、試料溶液がテイラーコーン先端部より液滴状にターゲットに向かって放出され、ターゲット上に液滴状の付着物が堆積していた。一方、重合度2000のPVA溶液では、テイラーコーン先端から、PVA溶液が繊維状にターゲットに向かっていく様子が確認され、液滴状の付着物は見られなかった。また、スピニングの継続に伴い、ターゲット上に白色の物質が堆積していく様子が見られ、良好に繊維シート化処理出来ていることが確認された。以上の結果、本条件（溶液濃度、印加電圧、ターゲット間距離、シリンジ押し込み速度、ターゲット回転速度）により、PVA溶液に電圧が正常に印加でき、シリンジ先端部とターゲット間に電界が形成され、その先端部からターゲットに向かって原料溶液が吐出することを確認した。また、試料の外観より、低重合度のPVA溶液では、紡糸ができていないと判断でき、重合度2000のPVAを補助紡糸材として採用した。

重合度2000のPVA溶液から作製した試料とCNF/PVA溶液から作製した試料の形態観察像を図3に示す。観察像より、ターゲット上の白色堆積物は、繊維状のPVAが幾重にも折り重なった構造を形成しているものであることが明らかとなった。SEM観察の結果、その繊維幅は約100nmであり、非常に細い繊維が融着もなく紡糸されている不織布状の構造体であることが確認された。CNF/PVA溶液を紡糸した試料の繊維は、PVA溶液のみを紡糸した試料の繊維と同様の形状であり、特に、CNFに起因するような繊維状の物質が繊維の表面にも現れず、凹凸などの形状変化も見られないことより、CNF自体は、PVA

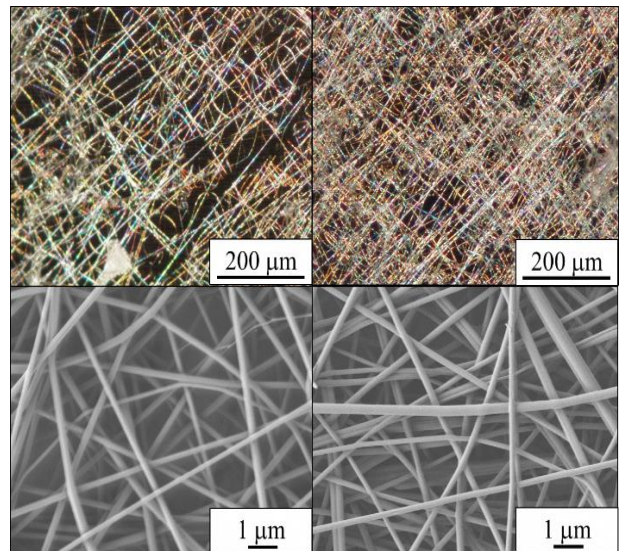


図3 重合度2000のPVA溶液を用いて作製した試料（左）とCNF/PVAの混合溶液を用いて作製した試料（右）の顕微鏡観察像  
(上：光学顕微鏡像、下：FE-SEM像)

中に複合化され、かつ、長手方向へ配向して紡糸されている可能性が示唆された。

#### 4 まとめ

エレクトロスピンニング法を用い、水溶性ポリマーであるPVAとCNFの複合繊維の作製に関する検討を行った。PVAの重合度により、エレクトロスピンニング法による紡糸性に違いがあることが明らかとなった。PVAにCNFを添加し、エレクトロスピンニングを行うことにより、PVA単体の時と同様な繊維状の構造体を作製することができた。このことは、CNFが繊維の長手方向に配向し、凝集することなく、複合繊維を形成していることを示唆している。多くの官能基を有し結晶性ポリマーであるCNFを繊維シート化出来たことにより、繊維表面に特異的な機能を設計した高機能性フィルターとして応用できる可能性を見出した。また、シート厚などを制御することにより孔径・空隙率を制御したり、化学的安定性、高強度性も付与できると思われ、幅広い分野への応用が期待できる。

#### 参考文献

- 1) H. Yano, S. Nakahara: J. Mater. Sci., 39, 1635 (2004)
- 2) S. Iwamoto, S. Yamamoto, et al.: Composites, 59, 26 (2014)
- 3) I. S. Kim: Fushokufu Joho, 439, 17 (2011)
- 4) J. Doshi, D. H. Reneker:
- 5) J. Electrostat., 35, 151 (1995)

# セルロースナノファイバー/銀ナノ粒子複合材料の開発

## Development of cellulose nanofiber / silver nanoparticles composite materials

古谷 充章・藤井 英司  
Mitsuaki FURUTANI, Eiji FUJII

キーワード セルロースナノファイバー / 銀ナノ粒子 / 複合材料  
KEY WORDS Cellulose nanofiber / Silver nanoparticle / Composite materials

### 1 はじめに

金属粒子は、ナノサイズ化することにより様々な特性が発現することが知られるようになり、金属ナノ粒子の作製に関して、多くの手法が報告されている<sup>1,2)</sup>。しかし、金属ナノ粒子の優れた特性を利用するためには、金属ナノ粒子が持つ高い自己凝集性を抑制することが不可欠である。そのため、金属ナノ粒子を作製する際に、ナノ粒子の状態分散・保持するための分散剤や担体が用いられている。

我々は、植物由来のナノファイバーであるセルロースナノファイバー (CNF) に着目し、金属ナノ粒子の作製手法への応用を検討した。セルロースの分子鎖末端には、還元性官能基が存在している<sup>3)</sup>。さらに、CNF は、セルロースを高解繊して得られるファイバーであり、表面に露出した還元性官能基が多いと推測される。現在までに我々は、CNF と硝酸銀水溶液の懸濁液を還流することにより、粒子径が 5-100 nm の銀ナノ粒子を作製できることを見出している<sup>4)</sup>。この手法では、CNF 自身が還元剤と分散剤として働くため、試薬による還元剤や分散剤の添加が必要なく、簡便に高分散した銀ナノ粒子の作製ができることを特徴としている。ただし、形成した銀ナノ粒子には、粒子径のばらつきや凝集があるため、試料の作製条件を再検討する必要があった。以前報告した手法で用いたエバポレーターによる試料回収は、作製した試料に対し長時間にわたり熱エネルギーが加わることで、未反応の原料が系内に残留することが問題となっていた。そこで本研究では、CNF を用いた銀イオンの還元・析出反応において、より均一な銀ナノ粒子を作製するため、遠心分離による回収方法に変更した。また、CNF 濃度を変化させ、粒子形成に及ぼす影響を検討した。

### 2 実験方法

最終固形分濃度が 48、120、240 mg/l となるよう CNF 懸濁液 (スギノマシン製; BiNF-i-s) を 50 ml 調製した。次に、2 mmol/l の硝酸銀 (和光純薬工業製) 水溶液を 50 ml 調製し、CNF 懸濁液に加えてスターラーで 30 分間混合した。調製

した混合溶液をナス型フラスコに入れ、上部に冷却管を取り付けスターラーで攪拌しながら、60 °C で 2 時間、還流を行った。還流後、遠心分離機を用い 6000 ×g、5 分間の条件で、固形分を沈殿させた。上清を除去した後、蒸留水を加えて攪拌し洗浄を行った。同様の洗浄操作を 2 回行い、試料を回収した。回収した試料の形態観察は、透過型電子顕微鏡 (TEM: JEOL 製、JEM-2100、加速電圧 200 kV) により行った。さらに、回収した試料を凍結乾燥させ、粉末試料を作製した。得られた粉末試料の結晶相を粉末 X 線回折測定 (XRD: Rigaku 製、Multiflex、管電圧 40 kV、管電流 50 mA、スキャン速度 4 °/min、ステップ幅 0.01°) により同定した。

### 3 結果

CNF 濃度を変えて作製した試料の粉末 X 線回折パターンを図 1 に示す。全ての試料の回折パターンから、金属銀 (JCPDS:00-002-1098) およびセルロースの I 型結晶 (JCPDS:00-056-1718) に帰属されるピークのみ確認され、原料である硝酸銀のピークは見られなかった。以前の報告から、エバポレーターにて回収した試料は硝酸銀のピークがみられており<sup>4)</sup>、遠心分離による

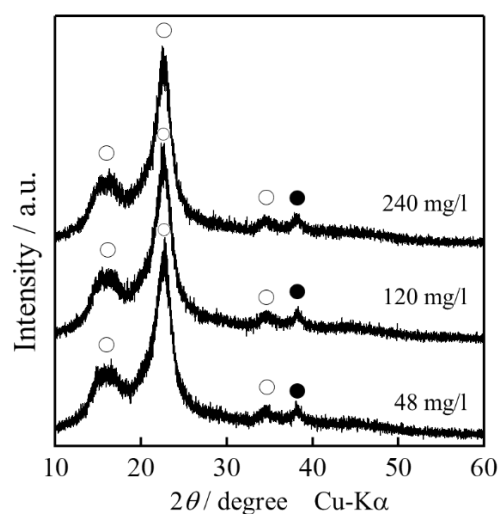


図 1 作製した各試料の XRD パターン (●:Ag, ○:セルロース)

洗浄操作を追加したことにより、未反応原料が除去できていることが明らかとなった。また、セルロースは結晶性を維持しているため、この還流条件においてセルロースの結晶構造は変化しないと考えられる。さらに、銀イオンは還元され、金属銀として析出していることから、得られた試料は金属銀と CNF の複合体であることが分かった。各試料の金属銀のピーク強度は、全ての試料において同程度であった。このことより、添加した CNF の濃度にかかわらず、銀粒子の析出量および粒子径は同程度であると思われる。また、金属銀のピークは、ブロードでありピーク強度が低いことから、形成した銀粒子は非常に小さい一次粒子径であると考えられる。

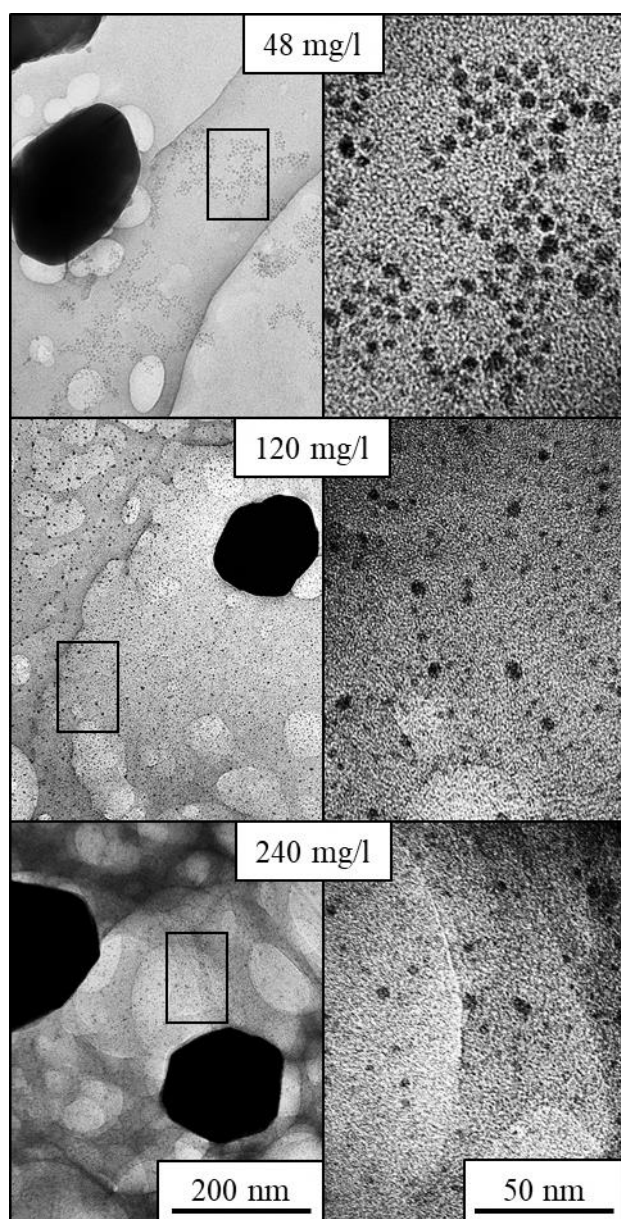


図 2 各 CNF 濃度において作製した試料の TEM 観察像  
(左 : 50,000 倍、右 : 250,000 倍)

各 CNF 濃度で作製した試料の TEM 観察像を図 2 に示す。50,000 倍における観察像中の四角で囲んだ部分は、拡大箇所を示す。全ての試料において、シングルナノサイズの粒子および 100 - 200 nm の粗大粒子が混在して形成していることが確認された。CNF 濃度 120、240 mg/l で作製した試料は、シングルナノサイズの粒子に着目すると、凝集せず高分散していることが確認された。一方、CNF 濃度 48 mg/l で作製した試料は、一部のシングルナノサイズの粒子は凝集していることが確認された。試料の回収方法を遠心分離に変更したことにより、粒子同士がより凝集しやすくなったと考えられる。これらの結果から、CNF は粒子の凝集を抑制する効果があると推察され、その濃度が増加するに伴い、凝集を抑制する効果も高くなると考えられる。また、試料の回収方法を変更したことにより、粗大粒子の形成を抑制することを試みたが、全ての試料で粗大粒子の形成がみられた。この結果から、100 - 200 nm の粒子は、還流の際に形成していると考えられる。還流はバッチ式の合成法であるため、形成する粒子の粒子径を精密に制御することは困難であると考えられる。しかし、シングルナノサイズの銀粒子も合成できていることから、粒成長を制御できるマイクロリアクターのような微小空間を利用した合成系を検討することにより、本手法はナノ粒子の合成法として応用可能であると思われる。

#### 4 まとめ

CNF を利用した銀粒子の作製を行い、試料作製時の実験操作および系内の CNF 濃度が与える影響について検討を行った。試料回収をエバポレーターから遠心分離機を用いた手法に変更することにより、未反応原料の硝酸銀を除去することができた。また、系内の CNF 濃度を変化させた結果、銀粒子の析出量や粒子径に差は見られなかったが、濃度の増加に伴いシングルナノサイズの銀粒子の凝集を抑制する効果がみられた。今後、より均一なナノ粒子を作製するため、還流に代わるより精密に粒子径が制御可能な反応手法を検討する必要があると考えている。

#### 参考文献

- 1) I. Sondi, B. Salopek-Sondi : J. Colloid. Interf. Sci., 275, 177 (2004)
- 2) Y. Li, Y. Wu, and B. S. Ong : J. Am. Chem. Soc., 127, 3266 (2005)
- 3) E. J. Parks, R. L. Hebert : Tappi. J., 55, 1510 (1972)
- 4) 古谷充章、藤井英司、川端浩二 : 岡山県工業技術センター報告第 43 号, 11 (2016)

# PP / PP 織物複合材料の機械的特性

## Mechanical Properties of PP / PP Woven Fabric Composites

甲加 晃一・日笠 茂樹・西谷 哲\*・土居 正典\*

Kouichi KOUKA, Shigeki HIKASA, Tetsu NISHITANI, Masanori DOI

キーワード ポリプロピレン / 織物 / 複合材料/

KEY WORDS Polypropylene / Woven fabrics/ Composites

### 1 はじめに

近年、化石資源の大量消費に伴う地球温暖化・資源枯渇が、深刻な問題となっている。その対策として、部材の軽量・高強度化によるエネルギー消費量の削減が積極的に進められている。特に、自動車を始めとする輸送機器部材の軽量・高強度化による燃費向上は必要不可欠となっている。そのため、軽量、高強度な繊維強化複合材料(FRP)の輸送機器部材への適用が拡大している。

FRPの中で、熱可塑性樹脂をマトリックスとして用いた熱可塑性FRPでは、熱硬化性樹脂をマトリックスとして用いたものと比べて、短時間で成形を完了できる。しかし、課題が2点ある。1点目は、繊維/樹脂界面が接着し難いことである。例えば、ポリプロピレン(PP)とガラス繊維、炭素繊維の組み合わせを挙げると、通常のPPとガラス繊維や炭素繊維は接着しない。界面が未接着の場合、応力負荷時に、剥離が発生し、機械的な欠陥となる。2点目は、熱可塑性FRPのリサイクル性が通常の熱可塑性樹脂と比較して低いことである。

そこで、強化材料とマトリックス材料に同種材料を用い、強化材料に繊維の形態、マトリックス材料にシートの形態を有する同種異形態の複合材料が注目されている。一般的に熱可塑性樹脂は、繊維の形態ではシートの形態よりも高強度・高弾性率・高融点を示す。そのため、繊維の形態を維持したまま、シートのみを融解させて両者を熔融接着すると、FRP化が可能となる。この場合、強化材料とマトリックスが同種材料であることから、使用後に熔融させると、容易に同種材料に変換できる。樋口らはポリエチレン(PE)/PE織物複合材料を作製し、この複合材料の引張弾性率および引張強度が、通常のPEと比較して、大幅に向上することを示している。<sup>1)</sup> また、北山らは、PP/PP同種異形態複合材料を作製し、繊維配向角度と引張弾性率および引張強度との関係を

求めている。<sup>2)</sup> このように、同種異形態の複合材料の機械的特性は、引張弾性率および引張強度に関して議論されている。しかしながら、実使用上、重要な衝撃強度に関しては、触れられていない。

そこで、本研究では、汎用プラスチック材料であるPPの高性能化を目的として、PP/PP織物複合材料(PPC)の機械的特性(引張強度、引張破断歪み、曲げ弾性率、シャルピー衝撃強度)を検討した。今回、簡易的な成形法として、プレス成形法を用いた。

### 2 実験方法

#### 2.1 試料

強化材料として、PP平織物を用いた。織物の単位面積当たりの重量は205 g・m<sup>-2</sup>、織密度はタテ糸6本・cm<sup>-1</sup>×ヨコ糸6本・cm<sup>-1</sup>であった。マトリックス材料として、厚さ0.5 mmのPPシート(アラム株式会社製, 6431-02)を用いた。JIS K 7210に準拠したメルトマスフローレイトは、0.71 g・10min<sup>-1</sup>であった。

#### 2.2 成形加工

PPCの成形では、織物単層の複合材料を作製するために、強化材料PP平織物1枚の上下層をマトリックス材料PPシートで挟んでプレス成形するフィルムスタッキング法を用いた。試料を熔融させる熱プレス温度は180℃、固化させる冷却プレス温度は20℃に設定された。プレス成形後、株式会社スギノマシンC03025NN-AB(V)型アプレシブジェットカッタNCにより成形体は試験片形状に加工された。

#### 2.3 機械的特性試験

機械的特性試験を温度23℃、湿度50%の恒温恒湿室内で行った。曲げ試験では、短冊型試験片(幅10 mm, 厚さ3 mm)を用いた。測定条件は、速度2 mm・min<sup>-1</sup>、支点間距離50 mmとした。万能材料試験機(オートグラフ、株式会社島津製作所製)を用いて、得られた応力-歪み曲線の初期勾配より、弾性率を算出した。また、引張試験では、ダンベル型試験片(平行部

\* (株)リプロ



分の幅 10 mm, 厚さ 1 mm)を用いた。測定条件は、引張速度  $10 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ 、チャック間隔 50 mm とした。万能材料試験機(オートグラフ、株式会社島津製作所製)を用いて行った。また、シャルピー衝撃試験では、衝撃試験機(DG-UB, 株式会社東洋精機製作所製)を用いて行った。ハンマーのひょう量は 2 J とした。

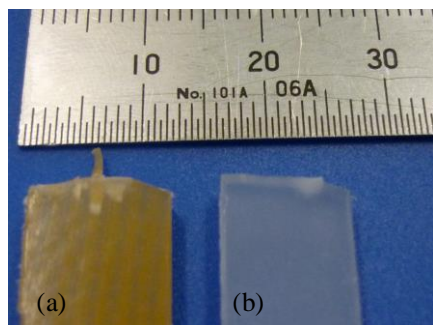
### 3 結果

表 1 に、機械的特性の結果を示す。PP 繊維織物で補強することで、PPC の引張強度、シャルピー衝撃強度は、PP よりも著しく向上した。また、PPC の曲げ弾性率は、PP と同程度となった。しかし、PPC の引張破断歪みは、PP よりも大きく低下した。

また、図 1 に、衝撃試験後の試験片側面を示す。PP の試験片側面は平坦であったが、PPC の試験片側面には繊維の突出物が存在した。

表 1 PPC と PP の機械的特性

	PPC	PP
引張強度 / MPa	$40.7 \pm 4.8$	$27.9 \pm 0.6$
引張破断歪み / %	$15.2 \pm 2.1$	$346 \pm 8.3$
曲げ弾性率 / MPa	$1169 \pm 63.4$	$1113 \pm 51.6$
シャルピー衝撃強度 / $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$	$15.4 \pm 4.9$	$7.7 \pm 0.8$



破壊の進行方向

図 1 衝撃後の試験片側面

((a) : PPC, (b) : PP)

### 4 考察

引張破壊の場合、マトリックスよりも引張強度の高いと思われる繊維が、負荷応力の多くを負担すると考えられる。そのため、PPC の引張強度は、PP よりも著しく高くなったと推測される。マトリックス PP 単独では、ノッチ先端に応力集中し、破壊が進展し易いと思われる。一方、本研究で用いた FRP では、繊維を織物にしてマトリックスと複合化している。

そのため、繊維の一部は、図 1(a)の破壊面から突出した繊維のように、破壊の進展を妨げる方向に配向している。これが、PPC の衝撃強度が PP よりも著しく高くなった理由と推測される。また、今回の成形では、複合材料の中立面に繊維が配置している。そのため、曲げ弾性率に、繊維の補強効果はほとんど寄与していない。しかし、繊維の配置箇所を試料表面に変えることで、曲げ弾性率の向上は期待できる。また、引張破断歪みに関して、PPC の破断点は、繊維の破断点に依存すると思われるため、PPC の引張破断歪みは、PP よりも小さくなったと考えられる。

### 5 まとめ

同種異形態材料からなる PP/PP 織物複合材料を成形し、機械的特性を評価した。複合材料にすることで、引張強度、衝撃強度は向上した。しかし、曲げ弾性率はほとんど向上しなかった。

### 謝辞

本研究の一部は、岡山県産業廃棄物処理税に依りました。ここに付記し謝意を表します。

### 参考文献

- 樋口裕思, 福井辰郎, 仲井朝美, 濱田泰以: 日本複合材料学会誌, **30**, 71 (2004)
- 北山威夫, 石倉健太郎, 濱田泰以, 鞠谷雄士, 伊藤浩志: 成形加工, **14**, 663 (2002)

# EPDM 表面のフッ素化による耐塩素性の向上

## Improvement of Chlorine Resistance by Fluorination of EPDM Surface

岩 舘 仁・石 田 拓也・森 一高<sup>1</sup>・田 淵 久徳<sup>1</sup>

Hitoshi IWABUKI, Takuya ISHIDA, Kazutaka MORI, Hisanori TABUCHI

キーワード 次亜塩素酸 / EPDM / フッ素化  
KEY WORDS Hypochlorous Acid / EPDM / Fluorination

### 1 はじめに

食品・医療分野における安全性を確保するため、次亜塩素酸 (HOCl) による洗浄・殺菌操作は重要な役割を担っている。しかし、その作用の副作用として設備・機器に使用されるゴム材料の劣化が引き起こされる。代表的なゴム製ガスケット素材であるエチレン・プロピレンゴム (EPDM) も例外ではなく、解離型 OCl<sup>-</sup> による黒色異物の発生とその浮遊 (墨汁化現象)、非解離型 HOCl による脆化物の脱落 (黒粉現象) や強度の低下、などの劣化が問題となる<sup>1,2)</sup>。ここでは、EPDM をフッ素 (F<sub>2</sub>) ガスで処理し、EPDM の表面をフッ素化することで HOCl に対する耐久性を向上させることを試みた結果について報告する。

### 2 実験方法

エチレン含量 54%、ジエン (エチリデンノルボルネン) 含量 4.5% の EPDM に、補強剤としてカーボンブラック (HAF 級、平均粒子径 28 nm) を 60 重量部、架橋剤としてジクミルペルオキシドを 2 重量部加えて混練した後、165 °C で 20 分間プレス架橋して架橋ゴムシート (TC001) を得た。架橋ゴムシートをリアクターにセットして真空引きした後、5% の F<sub>2</sub> ガスを含む不活性ガスを導入し、所定温度 (室温、50 °C、100 °C) で 1 時間反応させた。反応終了後、処理ガスを排気し、表面をフッ素化したゴムシートを得た。以下、処理温度が低い試料から TC001-A、TC001-B、TC001-C と呼ぶ。

pH10、2000 ppm に調製した NaOCl 水溶液にゴムシートから切り出した試験片を浸して 60 °C で静置し、所定時間が経過した後、綿棒で試験片表面の同じ箇所を 3 回擦った。乾燥後に撮影した綿棒の画像から、綿棒に付着した黒色異物の面積を測定した (綿棒試験)。

pH4.5、500 ppm に調製した NaOCl 水溶液にゴム試験片を接触させて 23 °C で 1 週間静置した後、ゴム試験片を蒸留水で洗浄し、真空乾燥し

た。乾燥した試験片を JIS6 号ダンベル状に打ち抜いて引張試験を行った。また、直径 8 mm に打ち抜いたゴム試験片を SUS304 板 (#400 研磨) ではさみ、100 N の荷重を与えて 30 秒保持した後、5 mm/min で引き剥がし、引き剥がし時の荷重を測定した (引き剥がし試験)。

断面における元素分布は電子線プローブマイクロアナリシス (EPMA) によって測定した。

### 3 結果と考察

図 1 は F<sub>2</sub> ガス処理試料の表面からの F 元素の分布である。いずれも約 5 μm の深さまでフッ素

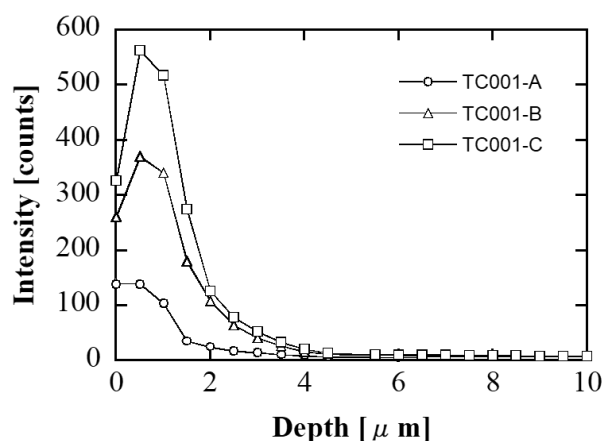


図1：フッ素化EPDMのF元素の分布

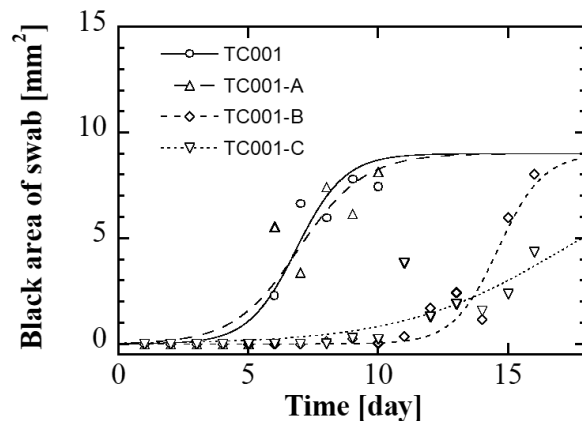


図2：綿棒試験の結果

<sup>1</sup> 高松帝酸 (株)

化され、処理温度の上昇に伴って結合した F の量は増加した。フッ素化による引張強度 ( $T_B$ ) と破断伸び ( $E_B$ ) の低下は 10%未満であった。

図 2 は綿棒試験の結果である。pH10 での浸せき（解離型 OCl がほぼ 100%）では、 $F_2$  ガスで未処理の試料は浸せき 6 日後から綿棒への黒色異物の付着が認められた。50°C で  $F_2$  ガス処理した TC001-B は同等の付着量が認められるまでに 12~13 日を要し、解離型 OCl に対する耐久性の向上が認められた。

pH4.5 での浸せき（非解離型 HOCl がほぼ 100%）によって、 $F_2$  ガス未処理の TC001 は  $T_B$  および  $E_B$  がそれぞれ 23% および 8% 低下した。一方、TC001-B は  $T_B$  および  $E_B$  の低下が 1% 未満であった。 $F_2$  ガス処理によって非解離型 HOCl に対する耐久性の向上が認められた。図 3 は浸せき後の試料断面における Cl 元素の分布、図 4 は O 元素の分布である。 $F_2$  ガス未処理の場合、Cl の拡散深さ ( $D_{Cl}$ ) と O の拡散深さ ( $D_O$ ) はそれぞれ 58.5  $\mu\text{m}$  と 26  $\mu\text{m}$  であったが、 $F_2$  ガス処理によって、処理温度にかかわらず  $D_{Cl}$  は約 30  $\mu\text{m}$  に、 $D_O$  は 0  $\mu\text{m}$  になった。フッ素化層はゴム表面の酸化と内部への HOCl の拡散を抑制

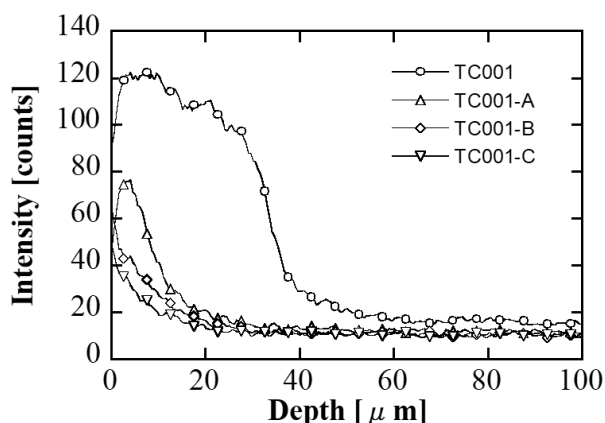


図3：浸せき後の断面におけるClの分布

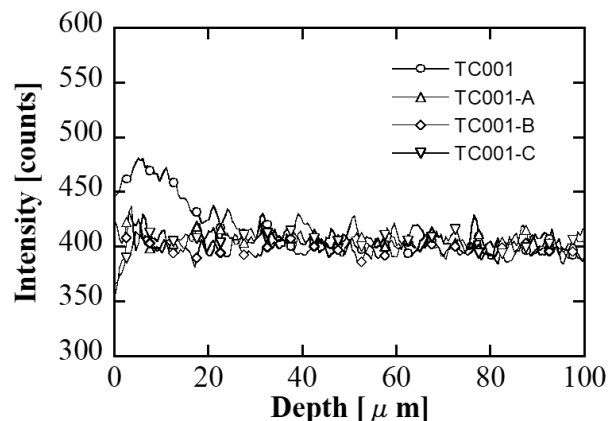


図4：浸せき後の断面におけるOの分布

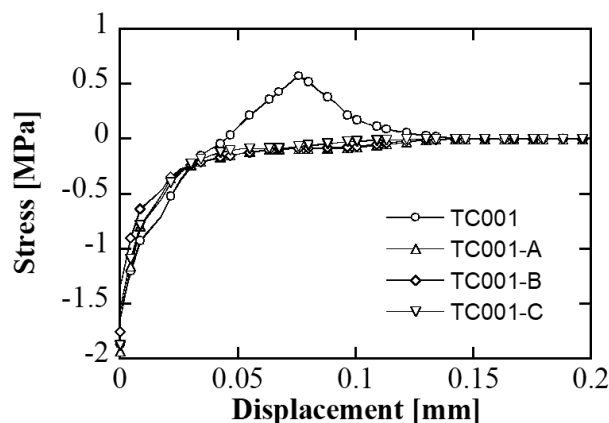


図5：SUS板からの引き剥がし試験の結果

し、劣化層の形成を妨げることで耐塩素性を向上させたと考えられる。

図 5 はゴム試験片を SUS 板から引き剥がすときの応力の時間変化である。引き剥がし開始時を時間ゼロとしている。 $F_2$  ガス未処理の TC001 は応力にピークが見られ、ゴムと SUS との凝着が引き剥がしに抵抗していることが分かる。食品製造設備等における配管は継手部分にゴム製のガスケットが必須であり、ガスケットと SUS 製ヘルール・フランジが強固に凝着すると分解の妨げとなり、場合によっては破損の原因となる。 $F_2$  ガス処理試料にはピークは全く見られず、 $F_2$  ガス処理ゴムは SUS の凝着を防止する効果に優れていると考えられる。

#### 4 まとめ

代表的なガスケット素材である EPDM を  $F_2$  ガス処理によって表面フッ素化し、食品設備で洗浄・殺菌剤として汎用される次亜塩素酸に対する耐久性を調査した。アルカリ条件下で起こる墨汁化現象、酸性条件下で起こる Cl および O の拡散と材料強度の低下は、フッ素化によって抑制できることが明らかとなった。また、フッ素化によってゴム製ガスケットと金属との凝着を防止できる可能性が示された。ここで紹介した技術は、食品製造現場における異物混入や漏水事故の防止に役立ち、部材の長寿命化や作業性の向上に繋がると期待される。

#### 参考文献

- 1) 岩路 仁, 石田拓也, 福崎智司: 日本ゴム協会誌, 86, 125 (2013)
- 2) 岩路 仁, 石田拓也, 福崎智司: 日本ゴム協会誌, 88, 75 (2015)

# 6 インチカーボンターゲットを用いた大電力インパルスマグネトロンスパッタリングにおける放電特性

Discharge properties of 6-inch carbon target by high-power impulse magnetron sputtering

國次 真輔

Shinsuke KUNITSUGU

キーワード 大電力インパルスマグネトロンスパッタリング / 電流電圧特性 / ダイヤモンドライカーボン  
KEY WORDS HiPIMS / Discharge property / DLC

## 1 はじめに

スパッタリングなどのPVD（物理蒸着法）プロセスは、基板にバイアス電圧を印加し、イオン化した原子やクラスターを加速させ、高いエネルギーを有したまま基板に衝突し付着させることで皮膜を緻密化する。優れた特性を有するDLC（ダイヤモンドライカーボン）のスパッタ成膜では、原料であるカーボン（グラファイト）からはじき出された炭素粒子のイオン化率は非常に低いために、膜は緻密化されにくい。大電力インパルスマグネトロンスパッタリング（HiPIMS: High Power Impulse Magnetron Sputtering）は、マイクロ秒オーダーで瞬間的に高電圧を印加することにより、同じ電力でもCのイオン化率を上昇せうるとした報告がなされており、DLC膜の緻密化法として期待が寄せられている。しかしながら、カーボンターゲット表面でアーキングと呼ばれる異常放電が、通常の直流（DC）電源を用いた場合と比べて発生しやすい。アーキングが少しでも発生すれば、皮膜に欠陥が生じ、表面が粗面化され、膜質に悪影響を及ぼすことが懸念される。したがって、HiPIMSではアーキングの抑制しつつ、高いピーク電力密度を得ることが最も重要である。

本研究は生産性の高い6インチカーボンターゲットにおいてアーキングが発生しない放電条件の探索と、印加電圧およびパルス幅がピーク電力密度におよぼす影響について詳細な調査を行ったので報告する。

## 2 実験方法

装置は小型 DLC 成膜装置（エイコー製）を用い、6 インチカーボンターゲット（明浄金属製：純度 99.9%）を設置したカソード電極に、DC パルス電源（東京電子製パルス電源同期システム）を接続した。放電前に、チャンバー内を  $10^{-4}$  Pa 台まで真空排気し、高純度 Ar ガス（純度 99.999%）を導入し、圧力が 0.25 Pa 一定となるように流量を調整した。放電は、DC パルス電圧、

パルス幅、周波数を変化させた。放電時における電流電圧特性は高電圧および高電流プローブを用いてオシロスコープ（Teledyne 製 wavesurfer1000）により計測した。

## 3 結果と考察

6インチカーボンターゲットに設定電圧1000 V、設定パルス幅40  $\mu$ s、周波数200 Hzのパルス電圧を印加すると、アーキングを発生させることなく、高輝度なグロー放電が得られた。この時の電流-電圧特性を図1に示す。急激な高電圧の印加に伴い、ディンギングと呼ばれる変動が電圧と電流共に見られた。電圧印加に伴う電圧降下の13  $\mu$ s後に電流が上昇した。パルスOFF直前の電流値は201.5 Aに達し、この時のピーク電力密度は0.61 kW/cm<sup>2</sup>と算出され、HiPIMS領域とされている0.5 kW/cm<sup>2</sup>以上りとなった。なお、算出にはターゲットエロージョン部の面積ではなく、6インチターゲットの面積（182.32 cm<sup>2</sup>）を用いた。

次に、アーキングが発生しない放電条件にお

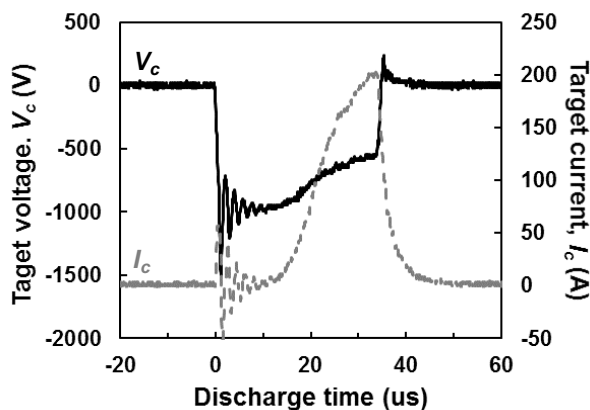


図1 6インチカーボンターゲットの放電における電流-電圧特性

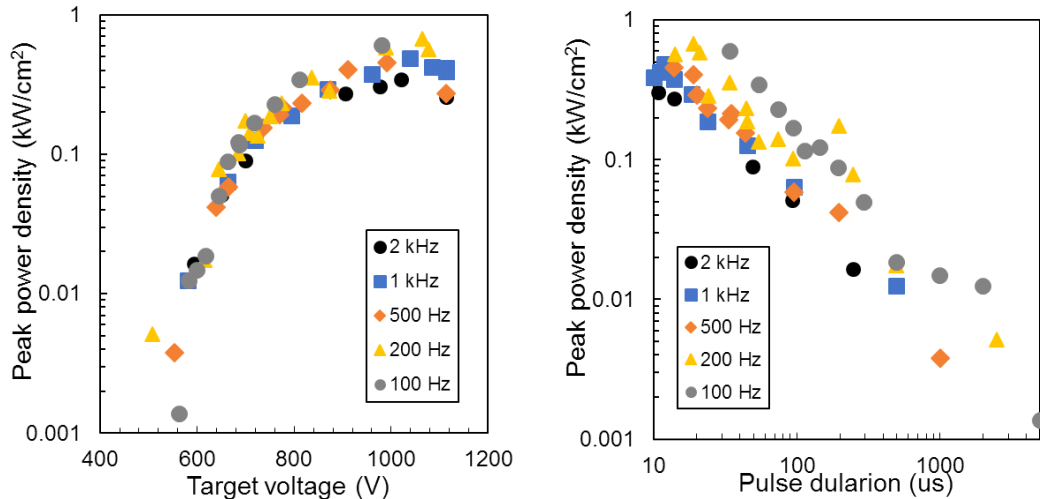


図2 ピーク電力密度に及ぼす印加電圧（左）およびパルス幅（右）の影響

いて、ピーク電力密度におよぼす印加電圧とパルス幅の影響について調べた。その結果を図2に示す。図2左に示すように、周波数によらず印加電圧の増加とともにピーク電力密度が増加することが分かった。ピーク電力密度の上限値は周波数によらず印加電圧に依存した。また印加電圧が1100 V以上では、電力が飽和するため減少する傾向にあることが分かった。図2右は、ピーク電力密度のパルス幅に対する変化を示している。パルス幅が狭いほど、ピーク電力密度が増大することがわかる。周波数が低いほど高い電力密度が得られる傾向にあり、これはパルスOFF時間が長いと、カソード表面が冷却されアーキングを抑制しやすくなると考えられる。

図3に6インチカーボンターゲットにおけるピーク電力密度とデューティーサイクル（Duty比）の関係を文献<sup>1)</sup>に合わせて示す。文献ではDuty比が小さいほどターゲットの損傷することなく高いピーク電力密度が得られることを示しており、各モードの領域を示している。本実験では、いずれの周波数においてもDuty比の低下とともに高いピーク電力密度が得られ、dc-MS (DC Magnetron Sputtering) 領域からHPPMS (High Power Pulsed Magnetron Sputtering) 領域へ移行した。周波数が100 Hz および200 Hzにおいて、HiPIMS 領域 (0.5 kW/cm<sup>2</sup>以上) となった。文献より低い値となっているのは、プラズマのインピーダンスが高すぎるためか、あるいはカーボンターゲットの欠陥や表面変質が原因で、アーキング

が発生しやすくなったと考えられる。さらに、理論的な限界に達するまでのピーク電力密度を得るためには、マグネットの最適化などターゲットのエロージョン効率を改善して、プラズマ密度の向上を図る必要がある。

#### 4 まとめ

DCパルス電源による6インチカーボンターゲットの放電特性を調査したところ、Ar:0.25 Pa雰囲気下において、ピーク電力密度0.61 kW/cm<sup>2</sup>のHiPIMS領域における放電が認められた。ピーク電力密度とターゲット電圧および周波数、パルス幅の関係を得た。Duty比をコントロールすることでPulsed-DC、MPP、HiPIMSの各領域でのDLC成膜の可能性が示された。

#### 参考文献

- 1) J. T. Gudmundsson, N. Brenning, D. Lundin, U. Helmersson: J. Vac. Sci. Technol. A, 30 (2012) 031507.

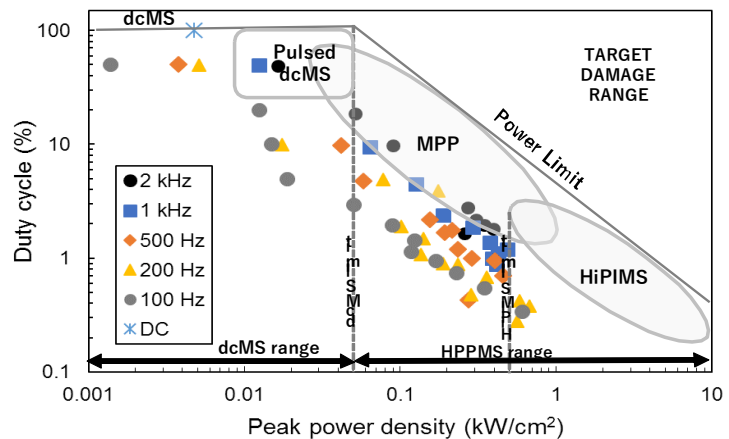


図3 6インチカーボンターゲットにおけるピーク電力密度とデューティーサイクルの関係（文献<sup>1)</sup>に加筆）

# 第一原理計算による金属 / 樹脂の接合性評価(第2報)

Evaluation method for bondability between metal / resin interfaces through the first principles calculation(The 2nd.Report)

中西 亮太・末岡 浩治<sup>1</sup>

Ryota NAKANISHI, Koji SUEOKA

キーワード 金属 / 樹脂 / 接合性 / 第一原理計算

KEY WORDS Metal / Resin / Bondability / First principles calculation

## 1 はじめに

金属と樹脂の接合部品は、軽量化による燃費向上や環境負荷軽減の要求から、自動車や航空機をはじめ、産業分野で必要不可欠となっている。そのため、接合が行われた製品の耐久性や信頼性を確保するためには、接合性の向上が重要となっている。それらの実験的研究は多くの報告がなされているが<sup>1),2)</sup>、計算機シミュレーションを用いて、化学結合状態の観点から接合性を評価した研究は少ない<sup>3),4)</sup>。

本報告では、第一原理計算を用いて、結晶構造が異なる金属表面を計算対象として、樹脂の安定位置を求めた。続いて、樹脂の安定な構造を保ったまま、金属 / 樹脂間の距離を変化させて全エネルギーの距離依存性から全エネルギーの減少量と樹脂を引きはがす応力を算出し接合性の評価を試みた。金属は、bcc構造を有する鉄(Fe)、fcc構造を有するアルミニウム(Al)、hcp構造を有するマグネシウム(Mg)で、樹脂は66ナイロン(PA66)である。今回は、計算機シミュレーションのみを行った。

## 2 計算方法

### 2.1 計算概要

本計算には、密度汎関数法に基づく一般化勾配近似と擬ポテンシャル法を用いた。使用したプログラムパッケージはCASTEPである<sup>5)</sup>。この手法では、与えられた原子配置に対して電子系の支配方程式であるKohn-Sham方程式を解くことによって、系の基底状態を求める。すなわち、0 Kにおける静的な計算である。計算モデルは、3次元周期境界条件とした。

### 2.2 金属表面上における樹脂の安定構造

本計算では、表面エネルギーが高いFe(111)、Al(110)、Mg(100)面を対象とした。これらの面では、樹脂との接合性が高いと考えられる。その

表面上にPA66が安定に位置する場合を考えた。第一原理計算では、初期モデルに依存して構造最適化により到達する安定構造が異なる場合がある。そこで、樹脂が相対配置を持つモデルを作成し、構造最適化により安定構造を求めた。本計算では、扱うことのできる原子数が限られていることから、単一分子構造を用いた。

Fe(111)表面上のPA66の安定構造を以下の手順で求めた。

- (1) Fe結晶について慣用単位胞を作成した。
- (2) この慣用単位胞からFe(111)表面を切り出し、表面上に厚さ15 Åの真空スラブを付けてFe(111)表面を作成した。
- (3) Fe(111)表面近傍に対称性を考慮したPA66を配置した12種類のモデルについてエネルギー計算を行い、最もエネルギーが低い配置を初期モデルとした。
- (4) その初期モデルを用いて、最表面のFe原子とPA66を動かして、系の全エネルギーが最小となる安定構造を求めた。

なお、MgとAl表面についても同様の計算を行った。図1にFe(111)表面上のPA66の計算モデルを示す。セルは、水素原子(白色、H)を24個、炭素原子(灰色、C)を12個、窒素原子(N)と酸素原子(O)を2個、Fe原子(黒色)を40個含んでいる。

### 2.3 全エネルギーと金属 / 樹脂間の距離依存性

PA66の安定構造を維持した状態で、表面から0.2 Å刻みで5 Åまで距離を変化させて、全エネルギー $E$ の距離 $d$ 依存性を式(1)に従い求めた。

$$E = E_{tot} - E_{ref} \quad (\text{eV}) \quad (1)$$

ここで $E_{tot}$ はPA66の距離を変化した構造の全エネルギー、 $E_{ref}$ は金属表面から樹脂を離れた構造の全エネルギー、 $E$ は金属 / 樹脂の全エネルギーである。

<sup>1</sup> 岡山県立大学情報工学部



### 3 計算結果

図2に全エネルギー $E$ と金属 / 樹脂間の距離 $d$ 依存性を示す。この結果から、基準からの全エネルギー $E$ の減少量と傾きから樹脂を引きはがす応力 $\sigma$ を式(2)に従い求め、接合性を評価した。

$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta d} \frac{1}{S} \quad (\text{GPa}) \quad (2)$$

$\Delta E$ は全エネルギー $E$ の減少量、 $\Delta d$ は金属 / 樹脂間の距離 $d$ の変化量、 $S$ は金属表面積である。

図3に全エネルギー $E$ の減少量と樹脂を引きはがす応力 $\sigma$ を示す。それらの値が大きいほど金属と樹脂の化学結合力が強いことを意味する。計算の結果、Feでは、全エネルギー $E$ の減少量および引きはがす応力 $\sigma$ が大きいことからMgとAlよりも接合性は高い。

### 4 考察

Feの接合性がMgとAlよりも高いと推察したことについて考察する。図4にFeとMgの価電子密度分布を示す。価電子密度の濃淡の最大値は、0.5個 / Å<sup>3</sup>とした。いずれにおいても、PA66のOが金属表面に近づいていることがわかる。FeとOでは価電子密度分布が高く、Mgでは低い結果となった。この結果から、FeとOで結合が生じ、全エネルギーの減少量 $E$ および引きはがす応力 $\sigma$ が大きくなったと推察される。

価電子密度の差が生じた一つの要因としては、金属表面とOの結合長距離はFe = 1.989 Å, Mg = 2.407 ÅでFeの方が短いと考えられる。Alの価電子密度分布もMgと同様にFeより低かった。

### 5 まとめ

第一原理計算を用いて、金属 / 樹脂間の全エネルギーの減少量と樹脂を引きはがす応力を算出し接合性の評価を試みた結果、価電子密度分布が高い方が接合性が高いとわかった。今後は、接合試験と比較することで、本評価手法の有用性を明らかとしたい。

### 参考文献

- 1) 小原田 一真, 安田 光伸: 東レリサーチセンター The TRC News, 116, 19 (2013)
- 2) 中前 勝彦: 表面技術, 66, 338 (2015)
- 3) 稲垣 淳, 中西 亮太, 川野 道則, 末岡 浩治: 日本接着学会, 52, 287 (2016)
- 4) 中西 亮太, 他: 岡山県工業技術センター報告, No.43, 44 (2016)
- 5) The CASTEP code is available from Accelrys Software Inc.

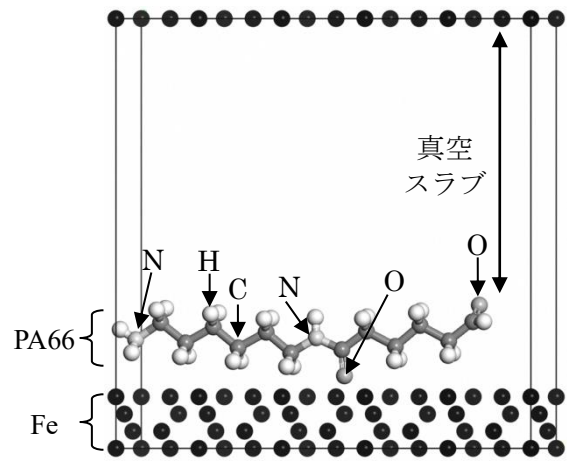


図1 Fe(111)表面上のPA66の計算モデル

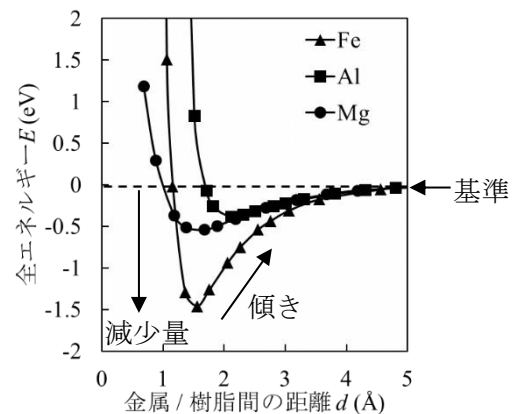


図2 全エネルギー $E$ と金属 / 樹脂間の距離 $d$ 依存性

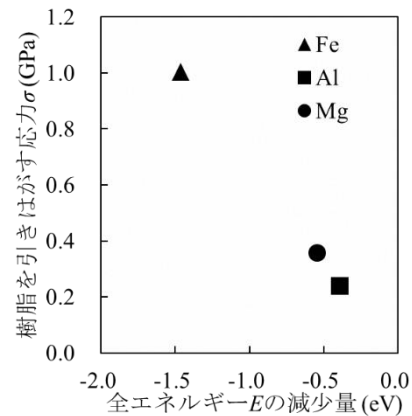


図3 全エネルギー $E$ の減少量と樹脂を引きはがす応力 $\sigma$

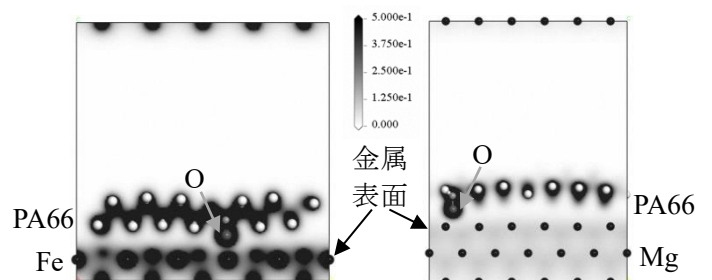


図4 Fe と Mg の価電子密度分布





# 外 部 発 表



# 誌 上 発 表

## 1. 岡山県工業技術センター

(繊維学会誌 Vol.73 No.4 平成29年4月)

國藤 勝士

岡山県は学生服、事務用衣服、ジーンズ、帆布、畳縁など様々な繊維製品の生産が盛んである。特に倉敷市児島には、ジーンズストリートやジーンズヴィレッジなどが整備されるなど、ジーンズの聖地として岡山県は世界的に認知されるようになってきた。本稿では、岡山県の繊維産業の特徴および岡山県工業技術センターの業務、最近の研究支援事例について紹介する。

## 2. 表面処理したセルロースナノファイバー粉末の開発

(粉体工学会誌 Vol.54 平成29年5月)

川端 浩二

セルロースナノファイバーを得るための微粉碎技術、樹脂複合するための疎水化表面処理技術および粉体化について研究を行った内容を記す。セルロース粉末をモデル原料として、微粉碎処理を行った結果、湿式法を用いて遊星ボールミル、ディスクミル、高圧ホモジナイザー粉末することでナノファイバーが得られた。セルロースナノファイバーに対して、脂肪酸で表面処理された炭酸カルシウム微粒子を湿式法でディスクミルを用いて表面被覆処理を行った。凍結乾燥および解砕により得られた表面処理セルロース粉末の水の接触角は、約  $90^\circ$  を示し、親水性に富んだセルロースが疎水化されていることが確認できた。湿式粉碎、湿式分級のプロセスで構成された製造システムである岡山プロセスに、上記に示す疎水化および粉体化処理を適用すれば汎用的な樹脂混練機や成形機に適用できることから、使い勝手の良い原料として取り扱うことが可能となり、樹脂複合用フィラーとして様々な樹脂成型品への展開が期待される。

### 3. Quantitative evaluation of haze formation of koji and progression of internal haze by drying of koji during koji making

(Journal of Bioscience and Bioengineering Vol.124 No.1 平成29年7月)

伊藤 一成、五味 勝也\*、狩山 昌弘\*\*、三宅 剛史

(\*東北大学、\*\* (株)フジワラテクノアート)

清酒製造現場では麴の品質評価指標の1つとして、麴菌が蒸米に増殖して白く観察される現象である破精が重要視されている。しかし、現状では破精の数値化は難しく、目視で判断されているため、本研究では破精の定量評価法の構築を目指した。まず無通風箱培養法による試験製麴を行い、現場の製麴と同等な実験系を確立した。得られた麴の表面と中央部から切り出した切片の画像をデジタルマイクロスコープで取得、これを解析することにより迅速な破精部分の区分と数値化に成功した。困難だった製麴時間ごとの破精の評価に加え、バッチとしての評価も可能になった。また、製麴期間後期に麴を乾かすことで、米内部へのさらなる菌糸の伸長(破精込み)を引き起こすことを示した。本研究で構築した試験製麴法と破精の定量評価法は、破精形成と製麴状態の関係を明らかにするための有用な手段となり得る。

### 4. ステンレス鋼表面に吸着したタンパク質の除去における亜塩素酸ナトリウムの洗浄作用

(日本防菌防黴学会誌 Vol.45 No.9 平成29年9月)

高橋 和宏、田中 礼士\*、福崎 智司\*

(\*三重大学)

ステンレス鋼表面に吸着した牛血清アルブミン (BSA) の除去における亜塩素酸ナトリウム ( $\text{NaClO}_2$ ) の作用について、 $\text{H}^+$ または $\text{OH}^-$ の洗浄作用が発現しないpH4.0~10.0の範囲で検討した。BSAの除去率は $\text{NaClO}_2$ 水溶液のpHの減少とともに、また $\text{NaClO}_2$ 濃度の増加とともに著しく増加した。pH4.0と5.0に調整した2.1M  $\text{NaClO}_2$ 水溶液を用いたとき、95%以上の除去率が得られた。 $\text{NaClO}_2$ の洗浄効果のpH依存性は、 $\text{NaClO}$ のpH依存性とは大きく異なった。pH4.0の0.09M  $\text{NaClO}_2$ 水溶液を用いた洗浄で得られた一次脱着速度定数はアレニウス型の温度依存性を示した。これらの結果から、 $\text{NaClO}_2$ 水溶液の洗浄力は非解離型 $\text{HClO}_2$ の酸化分解作用に強く依存することが示された。

## 5. 視点

(繊維製品消費科学会誌 Vol.58 平成29年9月)

松本 侑子

繊維分野の研究に携わる中では、「視点」を意識して業務を行っている。繊維製品は、一般消費者が、直接購入する製品であるため、価格やデザインなど消費者の視点で製品を視ることが多かった。しかし、業務を行っていくうちに「製造者の熱意」や「こだわり」、「努力」という生産者の視点が新たに加わり、消費者の視点だけでは視えていなかった製品の価値にも気付けるようになったと感じている。これからは、狭い視点に捕らわれることなく生産者、消費者、蘇峰の視点をもって企業の要望に応えていきたい。

## 6. Extension of the frequency range of normal incidence sound absorption coefficient measurement using four or eight microphones

(Acoustical Science and Technology Vol.38 No.5 平成29年9月)

眞田 明

吸音材料の垂直入射吸音率の測定には一般に音響管を用いた測定が行われるが、測定上限周波数は管径によって決定される。これはある周波数以上になると管内を音波が斜めに伝達するようになり、一次元音場の仮定が成立しなくなるためである。このため、高周波数まで垂直入射吸音率を測定しようとする必要があり、管径を小さくする必要がある。しかし、この場合、試験体のばらつきや管壁と試験体の接触の影響などが現れやすい。そこで、本研究では、4本又は8本のマイクロホンを用い、1次元音場の仮定が成立しなくなる周波数帯域においても、垂直に進行する音波のみを検出して、従来の2マイクロホン法と比較し高い周波数まで垂直入射吸音率を測定する方法について提案する。また、実験により検証した結果を示す。

7. ステンレス鋼表面に付着したVibrio parahaemolyticusの除去における亜塩素酸ナトリウムの洗浄作用

(日本防菌防黴学会誌 Vol.45 No.11 平成29年11月)

高橋 和宏、田中 礼士\*、福崎 智司\*

(\*三重大学)

ステンレス鋼表面に付着した腸炎ビブリオの除去における亜塩素酸ナトリウム( $\text{NaClO}_2$ )の作用について、pH 4.0~10.0の範囲で検討した。腸炎ビブリオの除去率は $\text{NaClO}_2$ 水溶液のpHの低下とともに、また $\text{NaClO}_2$ 濃度の上昇とともに著しく上昇した。pH 4.0に調整した2.1 M  $\text{NaClO}_2$ 水溶液を用いたとき、79.9%の除去率が得られた。 $\text{NaClO}_2$ の洗浄効果のpH依存性は、 $\text{NaClO}$ のpH依存性とは大きく異なった。pH 4.0の0.09M  $\text{NaClO}_2$ 水溶液を用いた洗浄で得られた一次脱着速度定数( $k$ )はアレニウス型の温度依存性を示した。 $k$ の見掛けの活性化エネルギーは100 kJ/molと概算された。以上の結果から、付着微生物に対する $\text{NaClO}_2$ 水溶液の洗浄作用は非解離型 $\text{HClO}_2$ の酸化作用に強く依存することが示された。

8. 高密度ポリエチレン/フィラー複合材料の力学特性

(高分子論文集 Vol.74 No.6 平成29年11月)

日笠 茂樹、甲加 晃一

高密度ポリエチレン(HDPE)/炭酸カルシウム( $\text{CaCO}_3$ )複合材料において、 $\text{CaCO}_3$ 添加が力学特性に及ぼす効果は、HDPE単独の衝撃破壊挙動と $\text{CaCO}_3$ の粒子径に大きく影響を受けた。衝撃試験時に延性破壊するHDPEをマトリックスとして用いた場合、 $\text{CaCO}_3$ 添加は引張降伏応力と衝撃強度を向上させた。特に、1.4  $\mu\text{m}$ の $\text{CaCO}_3$ は衝撃強度を顕著に向上させた。一方、衝撃試験時に脆性破壊するHDPEをマトリックスとして用いた場合、 $\text{CaCO}_3$ 添加は引張降伏応力と衝撃強度を低下させた。粒子径のより小さな $\text{CaCO}_3$ は、粒子径のより大きな $\text{CaCO}_3$ と比較してわずかに高い引張降伏応力と衝撃強度を与えた。このHDPEへの $\text{CaCO}_3$ の添加は、衝撃破壊時において、延性破壊するHDPEをより延性的に変化させ、脆性破壊するHDPEをより脆性的に変化させた。

## 9. 赤外分光分析の基礎と応用事例

(日本ゴム協会誌 Vol.90 No.12 平成29年12月)

浦部 匡史

プラスチックやゴム等の有機物の分析において、非常に有用な手法である赤外分光分析法について、主に測定初心者を対象とした解説を行った。はじめに、赤外分光分析の基礎として、赤外吸収スペクトル、吸光度、透過率、波数、特性吸収帯、指紋領域等の各種基礎用語について説明を行った。次に、透過法、反射法、ATR（全反射減衰）法、反射法、拡散反射法、顕微IR法といった、赤外分光法における各種測定モード毎の原理や測定例等について解説した。また、測定時の試料調製が簡便であるために普及の著しいATR法を中心として、実際の赤外分光分析測定における試料作製から測定に至るまでの一連の作業と注意点について解説を行ったほか、ATRイメージング測定やPAS（光音響分析法）、AFM-IR測定などの最近の応用事例についても解説を行った。

## 10. EHEDGが提唱する食品製造機械の定置洗浄性の評価試験方法の概要

(調理食品と技術 Vol.23 No.4 平成29年12月)

高橋 和宏

欧州では1989年に食品機械メーカー、食品メーカー、教育研究機関、行政機関（公衆衛生）などの関係機関が参加して欧州衛生工学設計グループ(European Hygienic Engineering & Design Group; EHEDG)が設立された。EHEDGは安全で健全な食品製造の衛生工学的側面における実践的ガイドラインを提供している。本論文ではEHEDGガイドラインについて紹介するとともにEHEDGの示す食品機械の定置洗浄性評価法について解説した。

## 11. An experimental study of flow and heat transfer characteristics of natural convection heat transfer from a horizontal heated surface with a heated cylinder

(Heat and Mass Transfer Vol.54 平成30年2月)

下山 力生、堀部 明彦\*、春木 直人\*

(\*岡山大学)

本研究は煙突構造を有するヒートシンクを開発するための基礎研究として、円筒発熱体が上方に配置された場合の水平発熱円板まわりの自然対流熱伝達について検討した。結果として、流動特性は水平発熱面に沿った流れ、水平発熱面に衝突する逆流および衝突しない逆流の3パターンに大別でき、それぞれが分類できる判別式を提案した。熱伝達特性は、水平発熱面および円筒発熱体の熱流束、大きさ、間隔などの影響を明らかにし、熱伝達促進効果が評価できる無次元因子を提案した。



## 12. 高密度ポリエチレン／フィラー複合材料の衝撃破壊挙動

—衝撃破壊挙動の温度による変化—

(高分子論文集 Vol.75 No.2 平成30年3月)

日笠 茂樹、甲加 晃一

高密度ポリエチレン(HDPE)/炭酸カルシウム( $\text{CaCO}_3$ )複合材料に関して、フィラーの内包は、衝撃破壊挙動を変化させる。フィラー添加が衝撃強度に及ぼす効果が温度によってどう影響されるかを、計装化シャルピー衝撃試験によって検討した。低温で衝撃破壊が脆性破壊である時、フィラー添加は衝撃強度をわずかに低下させ、破壊を脆性に变化させた。一方、高温で衝撃破壊が延性破壊である時、フィラー添加は衝撃強度を大きく向上させ、破壊を延性に变化させた。

## 13. ポリエチレンテレフタレート板に収着したクルクミンの脱色における酸性化亜塩素酸ナトリウム水溶液の効果

(食生活研究 Vol.38 No.3 平成30年3月)

竹原 淳彦、高橋 和宏、福崎 智司\*

(\*三重大学)

ポリエチレンテレフタレート板に収着したクルクミンに対するpH調整亜塩素酸ナトリウム水溶液の脱色効果を検討した。収着クルクミンの脱色は亜塩素酸ナトリウム水溶液のpHの低下、すなわち非解離型 $\text{HClO}_2$ の存在割合に依存して起こった。また、亜塩素酸ナトリウム水溶液による脱色効果は濃度および時間に依存していた。一方、解離型 $\text{ClO}_2^-$ の存在割合が大きい弱酸性からアルカリ性領域では脱色効果はきわめて小さいことがわかった。

## 14. おかやま次世代自動車プロジェクトで開発したモータの構造と熱対策

(日本AEM学会誌、Vol.26 No.1 平成30年3月)

勝田 智宣、吉田 寛\*、北織喜久三\*、小野 裕行\*、岩部広太郎\*、笠 展幸\*\*

(\* (公財)岡山県産業振興財団、\*\*岡山理科大学)

平成23～28年度、岡山県が進めた次世代自動車研究開発プロジェクトにおいて、産学官が一体となって連携し、新技術・新製品の創出に取り組んだ。その中で核となる要素として、アウターロータのインホイールモータを開発した。このモータの耐水・粉塵・塩水噴霧の試験を行い、構造上、問題がないことを確認した。また、このモータを後輪2輪に搭載した車両を用いて、高速道路や上り勾配の走行試験を行い、自然空冷でも耐熱に関して実用性があることを実証した。

## 口 頭 発 表

No.	題 目	発 表 者	発表会名	年月日
1	高分子/フィラー複合材料の力学特性	○ 甲加 晃一	日本接着学会第4回関西支部 福岡講演会	H29.4.7
2	プレートの捻りモードを用いた移動 機構に関する研究 —低次元モデルによる楕円軌跡の最 適化—	○ 岩田 和大 辻 善夫 真田 明	ロボティクス・メカトロニク ス講演会2017 in Fukushima	H29.5.12
3	原子間力顕微鏡による塩素劣化EPDM のナノ力学物性解析	○ 石田 拓也 岩蔭 仁 中嶋 健 <sup>1</sup>	日本ゴム協会2017年年次大会	H29.5.18
4	ナノ触診原子間力顕微鏡による熱可 塑性エラストマーの機械特性の研究	○ 出島 怜奈 <sup>1</sup> 梁 暁斌 <sup>1</sup> 藤原 和子 岩蔭 仁 姜 聲敏 <sup>1</sup> 中嶋 健 <sup>1</sup>	日本ゴム協会2017年年次大会	H29.5.18
5	おかやま次世代自動車プロジェクト で開発したモータの構造と熱対策	○ 勝田 智宣 吉田 寛 <sup>2</sup> 北織喜久三 <sup>2</sup> 小野 裕行 <sup>2</sup> 岩部広田郎 <sup>2</sup> 笠 展幸 <sup>3</sup>	第29回「電磁力関連のダイナ ミクス」シンポジウム	H29.5.19
6	各種マグネシウム合金の機械特性に 及ぼすカーボン添加の影響	○ 日野 実 <sup>4</sup> 三村 政樹 <sup>4</sup> 橋本 嘉昭 <sup>5</sup> 村上 浩二 金谷 輝人 <sup>3</sup>	軽金属学会第132回春期大会	H29.5.21
7	岡山県工業技術センター	○ 國藤 勝士	平成29年度繊維学会年次大会	H29.6.7
8	知って得する”拭き取り術”～微生物 に対するクロスの拭き取り評価法の 構築により見えてきたこと～	○ 松本 侑子 高橋 和宏 浦野 博水	FOOMA JAPAN 2017 国際食品工業展 アカデミックプラザ	H29.6.15
9	高密度ポリエチレン/フィラー複合 材料の衝撃破壊挙動	○ 日笠 茂樹 甲加 晃一	第55回日本接着学会年次大会	H29.6.15
10	ゴム変性エポキシ樹脂のモード荷重 下におけるその場観察	○ 小椋 壤 <sup>6</sup> 今中 誠 <sup>6</sup> 中村 吉伸 <sup>7</sup> 吉田 瞬 <sup>8</sup> 杉林 俊雄 <sup>8</sup> 木本 正樹 <sup>9</sup> 日笠 茂樹 藤原 和子	第55回日本接着学会年次大会	H29.6.15

No.	題 目	発 表 者	発表会名	年月日
11	銀ナノ粒子を担持させたナノセルローズ複合材料の作製	○ 藤井 英司 古谷 充章 小倉 孝太 <sup>10</sup> 森本 裕輝 <sup>10</sup>	セルローズ学会第24回年次大会	H29.7.13
12	異なる電解液を用いた連続陽極電解	○ 築山 訓明 村上 浩二 廉本 寧 <sup>11</sup> 松田 亮 <sup>11</sup> 河合 真二 <sup>11</sup> 山本 泰三 <sup>11</sup>	第9回軽金属学会中国四国支部講演大会	H29.7.29
13	電解研磨で形成された固体膜が残留応力へ与える影響	○ 築山 訓明 村上 浩二 廉本 寧 <sup>11</sup> 松田 亮 <sup>11</sup> 河合 真二 <sup>11</sup> 山本 泰三 <sup>11</sup>	日本鉄鋼協会・日本金属学会中国四国支部 鉄鋼第60回・金属第57回 合同講演大会	H29.8.21
14	チクソモーディング法によるマグネシウム成形品に生じる鑄造欠陥に及ぼすカーボン添加の効果	○ 原田 和輝 <sup>4</sup> 梶尾 健 <sup>4</sup> 寺田 憲矢 <sup>4</sup> 橋本 嘉昭 <sup>5</sup> 二宮百合香 <sup>5</sup> 村上 浩二 金谷 輝人 <sup>3</sup> 日野 実 <sup>4</sup>	日本鉄鋼協会・日本金属学会中国四国支部 鉄鋼第60回・金属第57回 合同講演大会	H29.8.21
15	リング状動吸振器によるチゼル打撃音抑制に関する研究	○ 眞田 明 岩田 和 川野 道則 岩路 仁 下山 安彦 <sup>12</sup>	日本機械学会 機械力学・計測制御部門 Dynamics and Design Conference 2017	H29.8.31
16	積層DLC/N-DLC膜の電気抵抗率および摩擦係数	○ 飯島 佑史 <sup>13</sup> 針谷 達 <sup>13</sup> 磯野 凌 <sup>13</sup> 出貝 敏 <sup>13</sup> 谷本 壮 <sup>13</sup> 須田 善行 <sup>13</sup> 滝川 浩史 <sup>13</sup> 安井 治之 <sup>14</sup> 金子 智 <sup>15</sup> 國次 真輔 神谷 雅男 <sup>16</sup> 瀧 真 <sup>17</sup>	第78回応用物理学会秋季学術講演会	H29.9.5
17	電解研磨によるアルミニウム合金の表面状態変化	○ 築山 訓明 村上 浩二 廉本 寧 <sup>11</sup> 松田 亮 <sup>11</sup> 河合 真二 <sup>11</sup> 山本 泰三 <sup>11</sup>	金属学会2017年秋季(第161回)講演大会	H29.9.7

No.	題 目	発 表 者	発表会名	年月日
18	機械攪拌時の固-液間物質移動速度におよぼす沈降粒子の浮遊挙動の影響	宮川 慶太 <sup>18</sup> 戸倉佑一朗 <sup>18</sup> Azhar Uddin <sup>18</sup> ○ 加藤 嘉英 <sup>18</sup> 橋本 嘉昭 <sup>5</sup> 二宮百合香 <sup>5</sup> 村上 浩二	金属学会2017年秋季 (第161回)講演大会	H29.9.8
19	水素フリーDLCと窒素含有DLCとの交互積層膜の作製と耐摩擦摩耗性	○ 飯島 佑史 <sup>13</sup> 針谷 達 <sup>13</sup> 磯野 凌 <sup>13</sup> 谷本 壮 <sup>13</sup> 須田 善行 <sup>13</sup> 滝川 浩史 <sup>13</sup> 金子 智 <sup>15</sup> 國次 真輔	平成29年度電気・電子・情報 関係学会 東海支部連合大会	H29.9.8
20	Hydrogen-Free Fluorinated DLC Films Prepared by Filtered Arc Deposition System	○ 谷本 莊 <sup>13</sup> 今井 貴大 <sup>13</sup> 針谷 達 <sup>13</sup> 磯野 凌 <sup>13</sup> 飯島 佑史 <sup>13</sup> 須田 善行 <sup>13</sup> 滝川 浩史 <sup>13</sup> 神谷 雅男 <sup>16</sup> 瀧 真 <sup>17</sup> 長谷川祐史 <sup>17</sup> 辻 信広 <sup>17</sup> 金子 智 <sup>15</sup> 國次 真輔 伊藤未希雄 <sup>19</sup>	The 11th International Symposium on Applied Plasma Science	H29.9.11
21	ICPプラズマ支援スパッタリング法による樹脂基材上へのa-C:H膜の形成	○ 國次 真輔 中西 亮太 中谷 達行 <sup>3</sup>	表面技術協会第136回講演大会	H29.9.14
22	細管内面用の交流高電圧プラズマCVD法により作製したDLC人工血管の生体親和性評価	○ 中谷 達行 <sup>3</sup> 大澤 晋 <sup>18</sup> 藤井 泰宏 <sup>20</sup> 今井 裕一 <sup>21</sup> 國次 真輔	表面技術協会第136回講演大会	H29.9.14
23	清酒製造場に存在する野生酵母の同定とその性質	○ 伊藤 一成 谷野 有佳 三宅 剛史	日本農芸化学会関西・中四国 ・西日本支部2017年度合同大 阪大会	H29.9.22
24	ゴム表面のフッ素化による耐塩素性の向上	○ 岩路 仁 石田 拓也 森 一高 <sup>22</sup> 田淵 久徳 <sup>22</sup>	日本防菌防黴学会第44回年次 大会	H29.9.27
25	ステンレス鋼表面に付着したV. parahaemolyticusに対する亜塩素酸ナトリウム水溶液の洗浄特性	○ 高橋 和宏 田中 礼士 <sup>23</sup> 福崎 智司 <sup>23</sup>	日本防菌防黴学会第44回年次 大会	H29.9.27

No.	題 目	発 表 者	発表会名	年月日
26	塩素系酸化剤とアセトアルデヒド及びエタノールの反応におけるクロロホルム生成量の比較	○ 竹原 淳彦 常定 健 高橋 和宏 福崎 智司 <sup>23</sup>	日本防菌防黴学会第44回年次大会	H29.9.27
27	ポリエチレン-水界面における次亜塩素酸の浸透挙動と再移行による抗菌効果	○ 吉田すぎる <sup>23</sup> 宮澤ゆきの <sup>23</sup> 竹原 淳彦 岩 蔭 仁 石田 拓也 福崎 智司 <sup>23</sup>	日本防菌防黴学会第44回年次大会	H29.9.27
28	二酸化塩素の合成高分子化合物内部への浸透作用と収着色素の脱色および細菌に対する殺菌機構の考察	○ 柴田 愛 <sup>24</sup> 加藤 裕幸 <sup>24</sup> 萩原 麻喜 <sup>24</sup> 丸亀 和雄 <sup>24</sup> 竹原 淳彦 石田 拓也 岩 蔭 仁 福崎 智司 <sup>23</sup>	日本防菌防黴学会第44回年次大会	H29.9.27
29	スリットを有する円筒発熱体が水平発熱面の自然対流熱伝達に及ぼす影響	○ 下山 力生 堀部 明彦 <sup>18</sup> 山田 寛 <sup>18</sup> 山本 諒馬 <sup>18</sup>	2017年度日本冷凍空調学会年次大会	H29.9.29
30	Electrophoretic Deposition of Cellulose Nanofibers in Aqueous Suspensions	○ 吉岡 朋彦 <sup>18</sup> 藤井 英司 小西 敏功 <sup>18</sup> 早川 聡 <sup>18</sup>	6th International Conference on Electrophoretic Deposition : Fundamentals and Applications	H29.10.6
31	レーザ照射とめっきによるガラス基板へのマスクレス配線形成	○ 水戸岡 豊 西村 宜幸 <sup>25</sup> 福田 千紗 <sup>25</sup> 三宅 莉枝 <sup>25</sup>	第88回レーザ加工学会講演会	H29.10.12
32	Preparation of nanocellulose composite material supported silver nanoparticles using the micro space in a high pressure wet-type jet mill	○ 藤井 英司 古谷 充章 小倉 孝太 <sup>10</sup> 森本 裕輝 <sup>10</sup>	The 4th International Cellulose Conference 2017	H29.10.18
33	Preparation of noble metal nanoparticles/nanocellulose composite material using a high pressure wet-type jet mill	○ 古谷 充章 藤井 英司	The 4th International Cellulose Conference 2017	H29.10.19
34	ICPプラズマ支援スパッタリング法によるDLC成膜におけるプラズマパラメータ	○ 國次 真輔 中谷 達行 <sup>3</sup>	平成29年度（第68回）電気・情報関連学会中四国支部連合大会	H29.10.21
35	EVシフトを強める世界における水素の可能性	○ 常定 健 兒子 英之 永山 則之	研究・イノベーション学会第32回年次学術大会	H29.10.28
36	高密度ポリエチレン/フィラー複合材料におけるフィラー添加の力学特性への影響	○ 日笠 茂樹 甲加 晃一	成形加工シンポジウム'17	H29.10.31

No.	題 目	発 表 者	発表会名	年月日
37	Preparation of multilayer film consisted of hydrogen-free DLC and nitrogen-containing DLC for conductive hard coating	○ 飯島 佑史 <sup>13</sup> 針谷 達 <sup>13</sup> 磯野 凌 <sup>13</sup> 谷本 壮 <sup>13</sup> 須田 善行 <sup>13</sup> 滝川 浩史 <sup>13</sup> 金子 智 <sup>15</sup> 國次 真輔	The Irago Conference 2017	H29.11.1
38	MoDTC添加油中におけるDLCの摩擦摩耗特性	○ 吉田 善明 <sup>26</sup> 國次 真輔	トライボロジー会議2017秋	H29.11.15
39	フィラー粒子径が高密度ポリエチレン/フィラー複合材料の力学特性に及ぼす影響	○ 日笠 茂樹 甲加 晃一	第25回フィラーシンポジウム	H29.11.16
40	電解研磨後に得られるアルミニウム合金の表面状態	○ 築山 訓明 村上 浩二 廉本 寧 <sup>11</sup> 松田 亮 <sup>11</sup> 河合 真二 <sup>11</sup> 山本 泰三 <sup>11</sup>	第19回関西表面技術フォーラム	H29.11.16
41	異種材料接着を目的とした表面処理技術の実用化	○ 永田 教人 <sup>27</sup> 日野 実 <sup>4</sup> 村上 浩二 金谷 輝人 <sup>3</sup> 永田 員也 <sup>28</sup>	第25回フィラーシンポジウム	H29.11.16
42	Preparation of Diamond-Like Carbon Films on Polymers using Hybrid Coating Technique of DC Plasma Sputtering and Inductively Coupled Plasma with Low-Inductance Antenna	○ 國次 真輔 中西 亮太 中谷 達行 <sup>3</sup>	Plasma Conference 2017 (PLASMA2017)	H29.11.20
43	Tribological characteristics of ta-C:H film deposited by reactive cathodic vacuum arc plasma deposition method	○ ムハンマド ア ミヌル ヘルミ <sup>3</sup> 國次 真輔 中谷 達行 <sup>3</sup> 清水 一郎 <sup>3</sup> 平井 広治 <sup>29</sup> 橋本 輝夫 <sup>29</sup>	Plasma Conference 2017 (PLASMA2017)	H29.11.20
44	広帯域垂直入射吸音率測定に関する研究	○ 眞田 明	日本機械学会第111回振動・音響研究会	H29.11.24
45	ナノ触診AFMによるPP/EPDM系熱可塑性エラストマーの機械特性の研究	○ 出島 怜奈 <sup>1</sup> 梁 曉斌 <sup>1</sup> 岡本 浩二 <sup>1</sup> 姜 聲敏 <sup>1</sup> 中嶋 健 <sup>1</sup> 藤原 和子 岩蔭 仁	第28回エラストマー討論会	H29.11.29

No.	題 目	発 表 者	発表会名	年月日
46	Wettability of oleic acid on TiO <sub>2</sub> surface in water	○ 西本 俊介 <sup>18</sup> 薮本 大輔 <sup>18</sup> 澤井 雄介 <sup>18</sup> 亀島 欣一 <sup>18</sup> 三宅 通博 <sup>18</sup> 藤井 英司 勝又 健一 <sup>30</sup>	Photocatalysis 2 & SIEMME'23	H29.12.2
47	合繊素材へのインジゴ中白染色技術	○ 國藤 勝士 小野 博章 <sup>31</sup> 眞鍋 寿男 <sup>31</sup>	日本繊維機械学会平成29年度 中国支部研究及び事例発表会	H29.12.8
48	プレートの捻りモードを用いた移動機構に関する研究 周波数応答解析を用いた両端部の軌跡予測	○ 岩田 和大 辻 善夫 眞田 明	システムインテグレーション 部門講演会2017	H29.12.20
49	多自由度扁平ソフトアクチュエータの開発 —FEM解析による設計とアクチュエータの製作—	○ 湯崎 真弘 <sup>18</sup> 岩田 和大 脇元 修一 <sup>18</sup> 神田 岳文 <sup>18</sup>	システムインテグレーション 部門講演会2017	H29.12.21
50	レーザ照射とめっきによるガラス基板へのマスクレス配線形成	○ 水戸岡 豊 西村 宜幸 <sup>25</sup> 福田 千紗 <sup>25</sup> 三宅 莉枝 <sup>25</sup>	第12回レーザ協会地方講演会	H30.1.10
51	EPDMにおける次亜塩素酸の拡散挙動の温度依存性	○ 石田 拓也 岩薨 仁 福崎 智司 <sup>23</sup>	マテリアルライフ学会第22回 春季研究発表会	H30.2.23
52	分子シミュレーションによる金属/樹脂の接合性評価	○ 中西 亮太 末岡 浩治 <sup>32</sup>	日本材料学会東海支部第12回 学術講演会	H30.3.5
53	電解Ni/Snめっき皮膜の摩擦摩耗特性に与える表面形状の影響	○ 東 翔也 <sup>32</sup> 福田 忠生 <sup>32</sup> 尾崎 公一 <sup>32</sup> 福田 千紗 <sup>25</sup> 西村 宜幸 <sup>25</sup> 水戸岡 豊	第32回エレクトロニクス実装 学会講演大会	H30.3.6
54	隙間のある鉛直発熱円管を設置した水平発熱面上の自然対流熱伝達	○ 山本 涼馬 <sup>18</sup> 下山 力生 堀部 明彦 <sup>18</sup> 山田 寛 <sup>18</sup>	日本機械学会 中四国支部 第56期総会・講演会	H30.3.7
55	ドライアイスブラストを用いたCFRPドライ研削における熱影響の検討	○ 岡崎 真吾 <sup>18</sup> 江 一帆 <sup>18</sup> 児玉 紘幸 <sup>18</sup> 余田 裕之 大橋 一仁 <sup>18</sup>	2018年度(公社)砥粒加工学会 先進テクノフェア (ATF2018)	H30.3.8
56	DLC膜の超低摩擦現象発現に及ぼす雰囲気の影響	○ 國次 真輔 ムハンマド ア ミスル ヘルミ <sup>3</sup> 中谷 達行 <sup>3</sup>	表面技術協会第137回講演大会	H30.3.12



No.	題 目	発 表 者	発表会名	年月日
57	8マイクロホンによる垂直入射吸音率測定－散乱の影響評価法について－	○ 眞田 明 中川 博 <sup>33</sup>	日本音響学会2018年春季研究発表会	H30.3.14
58	CFRPの研削加工における熱影響のシミュレーション	○ 江 一帆 <sup>18</sup> 児玉 紘幸 <sup>18</sup> 余田 裕之 <sup>18</sup> 大橋 一仁 <sup>18</sup>	2018年度精密工学会春季大会 学術講演会	H30.3.15
59	高圧湿式ジェットミルを利用した銀ナノ粒子担持セルロースナノファイバーの調製	○ 古谷 充章 藤井 英司	日本セラミックス協会 2018年年会	H30.3.16
60	製麴期間中の麴の乾燥が破精形成に及ぼす影響	○ 伊藤 一成 谷野 有佳 五味 勝也 <sup>34</sup> 狩山 昌弘 <sup>35</sup> 三宅 剛史	日本農芸化学会2018年度大会	H30.3.16
61	水懸濁液中でのセルロースナノファイバーの電気泳動堆積	○ 吉岡 朋彦 <sup>18</sup> 山本 桃子 <sup>18</sup> 藤井 英司 小西 敏功 <sup>18</sup> 早川 聡 <sup>18</sup>	日本セラミックス協会 2018年年会	H30.3.17
62	米麴の堆積培養における培養器内の環境が培養状態に及ぼす影響	○ 谷野 有佳 下山 力生 伊藤 一成 五味 勝也 <sup>34</sup> 狩山 昌弘 <sup>35</sup> 三宅 剛史	日本農芸化学会2018年度大会	H30.3.17
63	熱処理を施したチタン合金における切削加工現象の可視化	○ 松岡 大樹 余田 裕之 西田 典秀 <sup>2</sup> 亀山 寛司 <sup>36</sup>	2018年度精密工学会春季大会 学術講演会	H30.3.18
64	平坦なシート表面のゼータ電位に及ぼす吸着硫黄粒子の影響	○ 児子 英之 常定 健 堤 宏守 <sup>37</sup>	日本化学会 第98春季年会 (2018)	H30.3.22

- |               |                  |                    |
|---------------|------------------|--------------------|
| 1 東京工業大学      | 2 (公財)岡山県産業振興財団  | 3 岡山理科大学           |
| 4 広島工業大学      | 5 (株)STU         | 6 大阪教育大学           |
| 7 大阪工業大学      | 8 拓殖大学           | 9 大阪産業技術研究所        |
| 10 (株)スギノマシン  | 11 (株)山本金属製作所    | 12 作州機工(株)         |
| 13 豊橋技術科学大学   | 14 石川県工業試験場      | 15 神奈川県立産業技術総合研究所  |
| 16 伊藤光学工業(株)  | 17 (株)オンワード技研    | 18 岡山大学            |
| 19 東京工業高等専門学校 | 20 福山市民病院        | 21 ストロープ(株)        |
| 22 高松帝酸(株)    | 23 三重大学          | 24 内外化学製品(株)       |
| 25 オーエム産業(株)  | 26 トーヨーエイテック(株)  | 27 (株)サーテック永田      |
| 28 富山県立大学     | 29 (株)ティーアールエス   | 30 東京理科大学          |
| 31 (株)ジャパンプルー | 32 岡山県立大学        | 33 日本音響エンジニアリング(株) |
| 34 東北大学       | 35 (株)フジワラテクノアート | 36 中国職業能力開発大学校     |
| 37 山口大学       |                  |                    |



---

岡山県工業技術センター報告第 44 号

平成 29 年度版（2017 年度版）

平成 30 年 7 月発行

岡山県工業技術センター

〒701-1296

岡山県岡山市北区芳賀 5301

TEL 086-286-9600

FAX 086-286-9630

URL <http://www.pref.okayama.jp/sangyo/kougi/>

---

技術内容についてのお問い合わせは [kougi-info@pref.okayama.jp](mailto:kougi-info@pref.okayama.jp) まで

無断転載を禁ずる