

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 45 号

令和元年 8 月

岡山県工業技術センター

目次 / CONTENTS

【 報 文 / PAPER 】

1 ハロイサイトの高分子補強フィラーとしての活用	日笠 茂樹 甲加 晃一 梅原 智直 岡崎 健一 城石 知紀	1
Utilization of Halloysite for reinforcing filler of polymer composites	Shigeki HIKASA Kouichi KOUKA Tomonao UMEHARA Kenichi OKAZAKI Tomonori SHIROISHI	
2 電磁シールド性能と放熱性能を考慮した放熱孔の設計指針	若槻 友里 渡邊 哲史	6
Design Guide of Perforated Metal Compatible with Electromagnetic Shield and Heat Radiation	Yuri WAKADUKI Tetsushi WATANABE	

【 技術資料 / TECHNICAL REPORT 】

1 マイクロ空間を利用した銀ナノ粒子の合成	藤井 英司 古谷 充章	11
Synthesis of silver nanoparticles utilizing micro space	Eiji FUJII Mitsuaki FURUTANI	
2 セルロースナノファイバーおよびその誘導体のレオロジー特性	古谷 充章 藤井 英司	13
Rheological properties of Cellulose nanofibers and their derivatives	Mitsuaki FURUTANI Eiji FUJII	
3 ヒノキから抽出したオイル成分の抗菌効果	高橋 和宏 常定 健	15
Antibacterial Effect of the Oil Extracted from of Japanese Cypress	Kazuhiro TAKAHASHI Takeshi TSUNESADA	
4 SDGs推進に向けたコルク熱分解生成物の低減	常定 健 児子 英之	18
Decrease in Pyrolysate Generated from Cork Aiming to the SDGs Promotion	Takeshi TSUNESADA Hideyuki NIGO	
5 清酒製造場由来の野生酵母の耐糖性	伊藤 一成 谷野 有佳 三宅 剛史	21
Glucose Tolerance of wild yeast derived from manufacturing setting of sake brewery	Kazunari ITO Yuka TANINO Tsuyoshi MIYAKE	
6 各種インジゴ染料のソーピングによる色彩変化	國藤 勝士 松本 侑子	25
The Color Shift of Various Indigo Dyeing Clothes by Soaping Method.	Katsushi KUNITOU Yuko MATSUMOTO	
7 清酒製造場由来の野生酵母の耐アルコール性	伊藤 一成 谷野 有佳 三宅 剛史	27
Alcohol Tolerance of wild yeast derived from manufacturing setting of sake brewery	Kazunari ITO Yuka TANINO Tsuyoshi MIYAKE	
8 セルロースナノファイバー (CNF) 配合エチレンプロピレンジエンゴム (EPDM) の繊維長依存性	幕田 悟史 藤原 和子 浦部 匡史	31
Cellulose nanofiber reinforced ethylene propylene diene methylene rubber	Satoshi MAKUTA Kazuko FUJIWARA Masashi URABE	

9	ICPプラズマ支援スパッタリング法によるDLC成膜中のCH ₄ ガスの質量分析 Mass analysis of CH ₄ gas during DLC coating by ICP plasma assisted sputtering method	國次 真輔 Shinsuke KUNITSUGU	33
10	短時間フーリエ解析を利用した加工現象の見える化と炭素工具鋼加工時の工具摩耗との関連 Visualization of Cutting Phenomenon Using with STFT and Relationship of its Result and Tool-Wear for Carbon Tool Steel	余田 裕之 西田 典秀 亀山 寛二 Hiroyuki YODEN Norihide NISHIDA Kanji KAMEYAMA	36
11	電磁場解析を用いた圧粉磁心の基礎的研究 Basic study on soft magnetic composite using electromagnetic field analysis	勝田 智宣 渡辺 哲史 高橋 郁文 Tomonori KATSUTA Tetsushi WATANABE Ikunori TAKAHASHI	40
12	アルミニウム合金への電解砥粒研磨後の表面構造に及ぼす研磨条件の影響 Effect of Electrolytic Abrasive Polishing Conditions on Surface Microstructure of Aluminum alloy	築山 訓明 辻 善夫 渡邊 哲史 Kuniaki TSUKIYAMA Yoshio TSUJI Tetsushi WATANABE	42
13	大気圧プラズマ処理による水接触角の変化 Change of contact angle of water after atmospheric plasma process	松岡 大樹 水戸岡 豊 Hiroki MATSUOKA Yutaka MITOOKA	44
14	全結合層階層化畳み込みニューラルネットワークのクラス判別器の併合 Merging class discriminators in convolutional neural networks with hierarchical fully connected layers	平田 大貴 高橋 規一 Daiki HIRATA Norikazu TAKAHASHI	46
15	水中構造物用実験モーダル解析システムの開発 Development of Experimental Modal Analysis System for Underwater Structure	辻 善夫 眞田 明 岩田 和大 櫻井 貴哉 井上 俊之 Yoshio TSUJI Akira SANADA Kazuhiro IWATA Takaya SAKURAI Toshiyuki INOUE	49
16	LANケーブルのPoE給電時における温度上昇測定 Temperature Measurement of LAN Cables Using PoE	渡辺 哲史 下山 力生 平田 大貴 若槻 友里 若尾 和正 林 洋之 Tetsushi WATANABE Rikio SHIMOYAMA Daiki HIRATA Yuri WAKADUKI Kazuo WAKAO Hiroyuki HAYASHI	51
17	遷移状態動解析による進行波搬送システムの検討 Investigation of traveling-wave carrier system using transient dynamic analyses	岩田 和大 Kazuhiro IWATA	54
18	亜塩素酸ナトリウム溶液のpHがゴムの劣化に及ぼす影響 Influence of pH of Sodium Chlorite Solution on Degradation of Rubber	石田 拓也 岩薮 仁 Takuya ISHIDA Hitoshi IWABUKI	56

【 外部発表 】

(誌上発表)

- | | | |
|---|-------------------------------------|----|
| 1 往復拭き取り操作における拭き取り速度とクロスの含水量がポリエチレンテレフタレート表面からの微生物細胞の除去におよぼす影響 | 松本侑子・高橋和宏
浦野博水 | 59 |
| 2 リング型動吸振器を組み込んだ低騒音チゼルの開発 | 眞田 明・辻 善夫
岩田和大・川野道則
岩蒨 仁・下山安彦 | 59 |
| 3 次亜塩素酸ナトリウム水溶液によるインジゴの脱色に関する考察 | 岩蒨 仁・松本侑子
浦野博水 | 60 |
| 4 和洋の融合が生んだ繊維産業 | 國藤勝士 | 60 |
| 5 パルス法NMRによるイソプレンゴムの状態評価と破壊特性の予測 | 岩蒨 仁・石田拓也 | 60 |
| 6 Fabrication of Silver Nanoparticles Using High-Pressure Wet-Type Jet Mill | 藤井英司・古谷充章 | 60 |
| 7 Extension of the frequency range of normal-incidence sound absorption coefficient measurement in impedance tube using four or eight microphones | 眞田 明・岩田和大、
中川 博 | 61 |
| 8 エチレンプロピレンゴムの塩素劣化における劣化層形成挙動の予測 | 石田拓也・岩蒨 仁
福崎智司 | 61 |

(口頭発表)

62 ~ 66

報 文

ハロイサイトの高分子補強フィラーとしての活用

Utilization of Halloysite for reinforcing filler of polymer composites

日笠茂樹・甲加晃一・梅原智直¹・岡崎健一¹・城石知紀¹

Shigeki HIKASA, Kouichi KOUKA, Tomonao UMEHARA, Kenichi OKAZAKI,
Tomonori SHIROISHI

キーワード ハロイサイト / ポリプロピレン / 補強 / 弾性率
KEY WORDS Halloysite / Polypropylene / Reinforcement / Modulus

要旨

針状フィラーであるハロイサイトをポリプロピレンに添加すると、ハロイサイト 1 wt% という少量添加でも、弾性率は向上した。また、ハロイサイトの添加は結晶化度を向上させた。表面処理としてシランカップリング剤を用いたものは弾性率、結晶化度ともに、向上が顕著であった。このようなハロイサイトの添加による弾性率の向上は、フィラー添加による通常の弾性率向上効果と結晶核剤効果の複合的な作用によるものであった。

1 はじめに

プラスチック材料では、性能の向上や機能性の付与を目的として、無機粉体（フィラー）の添加がしばしば行われる。ここで用いられるフィラーとしては、各種の組成・形状のものが目的とする性能に応じて選択使用されている。そのなかでも、弾性率を向上させるためには、針状フィラーが有効なことが知られている。

本研究では、針状フィラーのハロイサイトをポリプロピレンに少量添加した場合に、このハロイサイトが弾性率をはじめとした力学特性をどのように変化させるかを検討した。

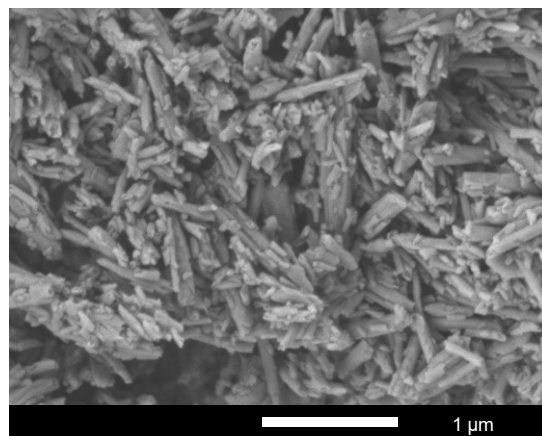


図1 ハロイサイトのSEM写真

2 実験方法

2.1 材料

本研究で使用したハロイサイト（Halloysite）の外観は白色パウダーである。ハロイサイトは六角板状のカオリナイトが巻いて丸まったような構造をしている。外側はシロキサン（-Si-O-Si-）、内側はアルミノール（-Al-OH）という構造で、内側はプラスチャージのアルミナ、外側はマイナスチャージのシリカという中空のチューブ状の粒子である。化学組成は世界中に広く分布するカオリンと同様である。本研究で使用したハロイサイトのSEM写真を図1に、また組成及び粉体特性を表1に示す。

このハロイサイトに、表2に示す表面処理を行った。表2には比較として用いた重質炭酸カルシウム（重カル）も併記している。

1 (株)ファイマテック

表1 ハロイサイトの化学組成及び粉体特性

化学式	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
シリカ・アルミナ比率	Al_2O_3 37.7%、 SiO_2 43.4%
チューブ長径	0.2-2.0 μm
チューブ外径	50-70 nm
チューブ内径	15-30 nm
アスペクト比	10-20
粒子径 (D_{50})	0.2 μm 以下
BET比表面積	65 m^2/g
真比重	2.53 g/ml
BET空隙率	20-25 %
屈折率	1.53
亜麻仁油吸油量	42.8 ml/100 g

表 2 表面処理

試験サンプル名	鉱物名	表面処理	表面処理量	B E T比表面積
ハロイサイト	ハロイサイト	なし	なし	65 m ² /g
CA 処理	ハロイサイト	シランカップリン グ剤*	1 部	65 m ² /g
St 処理	ハロイサイト	ステアリン酸	10 部	65 m ² /g
重カル (1 μm)	炭酸カルシウム	ステアリン酸	1 部	5 m ² /g

* KBM-903 (信越化学) : (CH₃O)₃SiC₃H₆NH₂

マトリックスとして、ブロックPP (サンアロマー-PM970A、MFR=30 g/10min.、密度0.9 g/cm³、サンアロマー(株)) を用いた。

2.2 試料調製

複合材料の調製を2軸押出機にて行った。PPおよびフィラーを2軸押出機(TEX30 α、L/D=42、日本製鋼所(株))に投入して180 °Cで混練し、複合材料を得た。得られた複合材料を水冷後ペレット化し、80°Cの送風乾燥機で4時間乾燥した。力学特性測定用の試験片は、射出成形機(J55AD、日本製鋼所(株))を用いて作製した。射出温度を230 °Cとし、金型温度を45 °Cとした。

2.3 力学特性試験

力学特性試験は、温度23 °C、湿度50 %の恒温恒湿室内で行った。曲げ試験は、JIS K7171に準じ、短冊型試験片(長さ80 mm、幅10 mm、厚さ4 mm)を用い、試験速度2 mm・min.⁻¹、支点間距離60 mmの測定条件で、万能材料試験機(インストロン5583型、インストロンジャパン(株))を用いて行い、得られた応力-歪み曲線から弾性率を算出した。シャルピー衝撃試験は、JIS K7111-1に準じてシャルピー衝撃試験機(258D、安田精機製作所(株))を用いて行った。ハンマー秤量は1 Jを用いた。

2.4 示差走査熱量測定

示差走査熱量測定は、示差走査熱量計(DSC Q200型、TAインスツルメント(株))を用いて行った。測定は30 °Cから210 °Cの温度範囲を10 °C/min.の条件で昇温した。結晶化度は、このときの吸熱から算出した。PPの融解熱は文献値より、8.8 kJ/molとした¹⁾。

続いて、210 °Cから30 °Cの温度範囲を10 °C/min.の条件で降温した。凝固温度はこのときの発熱ピークトップ温度とした。

3 結果と考察

3.1 フィラー添加による力学特性の変化

図2は、マトリックスPPにハロイサイトあるいは重カルといったフィラーを1 wt%添加した複合材料の弾性率を示している。

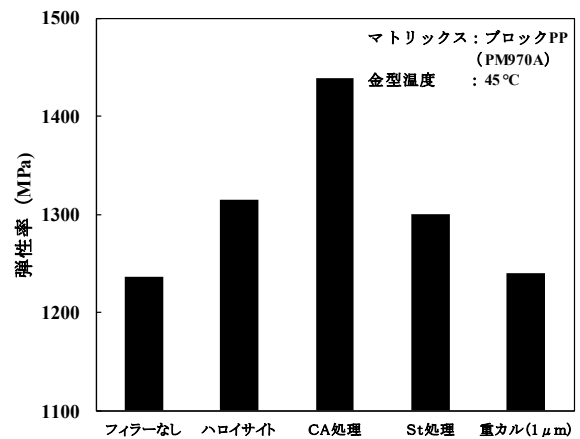


図2 フィラー1 wt%添加による弾性率の変化

図2より、フィラーを1 wt%添加することによって弾性率が向上している。この弾性率向上に関しては、ハロイサイトの方が重カルよりも顕著であった。これは、重カルが不定形であって弾性率を向上させる能力が低いのに対し、ハロイサイトは針状であって弾性率を向上させる能力が高いためと考えられる²⁾。

St処理については、未処理ハロイサイトよりもやや弾性率が低かった。これは、処理剤であるステアリン酸が可塑剤として働いたからと考えられる。一方、シランカップリング剤処理によって、弾性率が未処理よりも向上していた。この効果についてはPPの結晶化度と併せ、後述する。

図3は、マトリックスPPにフィラーを1 wt%添加した複合材料のシャルピー衝撃強度を示している。

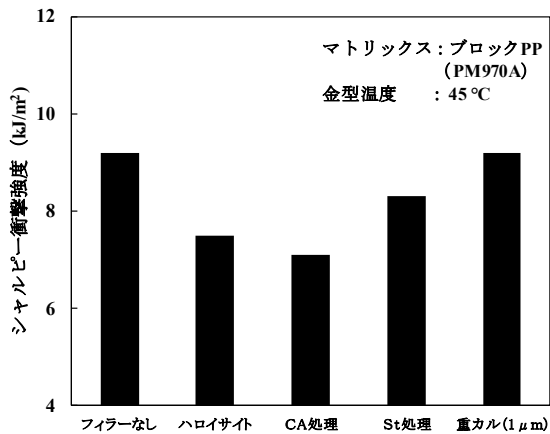


図3 フィラー1 wt%添加による衝撃強度の変化

図3より、ハロイサイトを1 wt%添加することによって衝撃強度が低下している。一方、重カル1 wt%添加では、衝撃強度は変化しなかった。

これは、重カルが不定形であって端部への応力の過度な集中が少ないのに対し、ハロイサイトは針状であって端部に応力が過度に集中するためである。

上記のように、ハロイサイトは針状フィラーとしての特性を有するフィラーであり、1 wt%というごく少量で弾性率を明らかに向上させた。しかしながら、シランカップリング剤処理によって弾性率が更に向上するなど、通常の針状フィラー添加の効果だけでは説明できない現象も観察された。

3.2 示差走査熱量測定による結晶化度および凝固点の検討

上記のように通常の針状フィラー添加の効果だけでは説明できない現象を理解するために、ハロイサイト添加によるPP結晶化度および凝固点の変化を示差走査熱量測定によって検討した。

図4は、マトリックスPPにフィラーとしてハロイサイトを1 wt%添加した複合材料に関して、PPの結晶化度を示している。また、図5は、高温側から冷却した際のPPの凝固温度を示している。

図4より、ハロイサイトの添加によりPPの結晶化度が高くなったことが確認された。また、シランカップリング剤処理によって結晶化度が更に高くなっていた。

ところで、図5の凝固温度に関しても、図4と同様の傾向であり、ハロイサイトの添加によってPPの凝固温度は高くなり、シランカップリング剤処理によって凝固温度は更に高くなっていた。これらの結果から、ハロイサイトの添加やそのシランカップリング剤処理はPPの結晶化を促進している

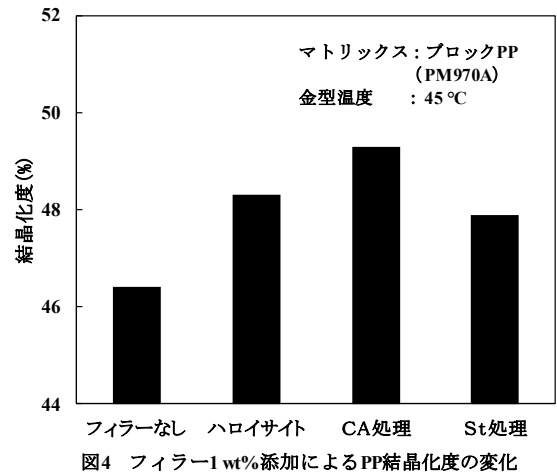


図4 フィラー1 wt%添加によるPP結晶化度の変化

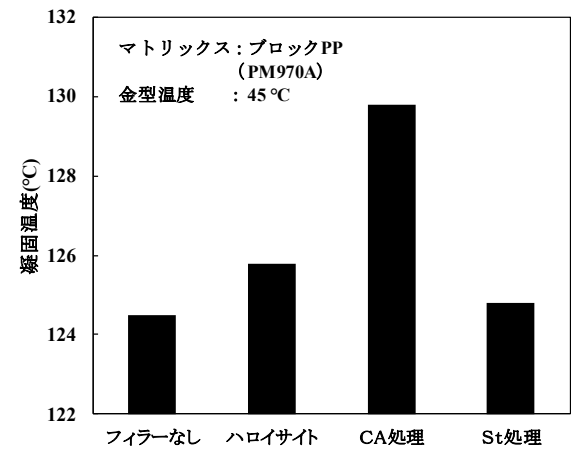


図5 フィラー1 wt%添加によるPP凝固点の変化

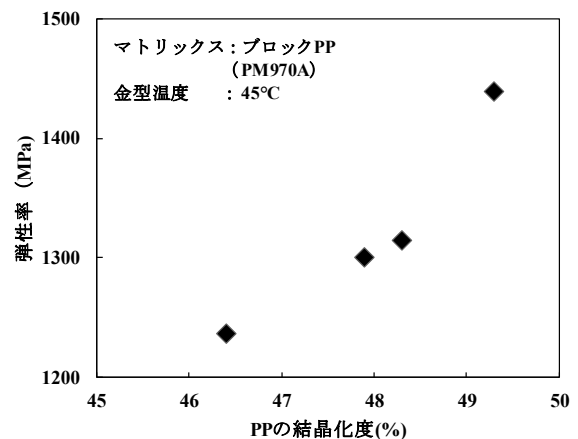


図6 PPの結晶化度と複合材料の弾性率との関係

と判断できる。すなわち、ハロイサイトはPPの結晶核剤としても機能していた。

図6は、PPの結晶化度と複合材料の弾性率の関係を示している。図6より結晶化度と弾性率の間には強い正の相関が確認された。一般に同一の結晶性高分子では、結晶化度が高いほど弾性率が高いことが知られている。本研究はそれを裏付けるもの

であった。

また、前述のように針状フィラーによる弾性率向上効果も広く知られており、本研究における弾性率の向上は、フィラー添加の力学的効果とフィラーの結晶核剤効果による結晶化度向上効果が複合的に作用したものと考えられる。

ところで、構造材料にとって弾性率と衝撃強度は両立し難い特性である。そのため、この2種の特性の相間を表すグラフは実用特性を検討する上で有用である。

図7は、弾性率と衝撃強度の相間を示したものである。図7に見られるように、高い弾性率を示す材料は低い衝撃強度を示す傾向があった。

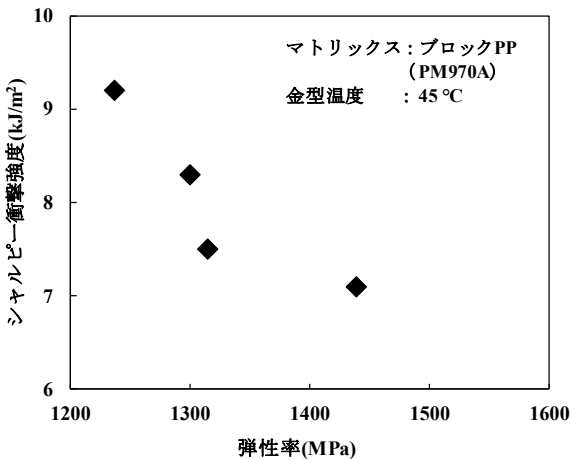


図7 複合材料の弾性率と衝撃強度の関係

3.3 射出条件による力学特性の変化

プラスチックを射出成形する際、サイクルタイムを短縮して生産性を向上させるためには、金型温度を低温に設定して冷却時間を短縮することが有効である。しかしながら、急速な冷却は樹脂の結晶化を阻害して弾性率が低下するなど力学特性に影響を与える懸念がある。そこで、同一材料を使用して射出成形機の金型温度を10℃に設定して得られた試験片に関して、力学特性を測定した。

図8は金型温度10℃で作成した試験片の弾性率を示している。また表3は、ハロイサイト未添加と比較した弾性率の向上率を示している。

表3より、表面処理を行っていない場合やステアリン酸処理したハロイサイトを1 wt%添加した場合、弾性率の向上は金型温度にかかわらず、5-8%程度であった。一方、シランカップリング剤で処理したハロイサイトを1 wt%添加した場合、金型温度45℃では弾性率の向上は16%と顕著であったのに対し、金型温度10℃では弾性率の向上は6%と表面未処理やステアリン酸処理と同様であった。

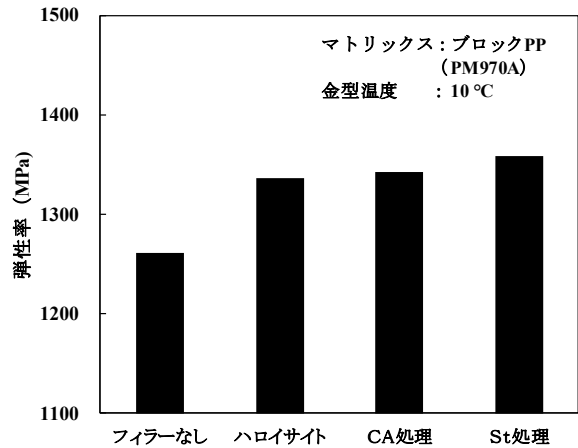


図8 フィラー1wt%添加による弾性率の変化

表3 1 wt%ハロイサイト添加による弾性率の向上率

	ハロイサイトなし	未処理	CA処理	St処理
弾性率向上率 (45 °C)	1.00	1.06	1.16	1.05
弾性率向上率 (10 °C)	1.00	1.06	1.06	1.08

これは、以下のように考えられる。金型温度10℃の場合、急激に冷却されるためにPPの結晶化が十分に起こりにくく、そのため弾性率の向上効果は表面処理によらず、あまり高くならなかった。一方、金型温度45℃の場合、10℃と比較して冷却がゆっくりでありPPの結晶化が十分に起こる。この場合、表面処理の種類によってはPPの結晶化を促進することができる。金型温度45℃の場合、シランカップリング剤で表面処理したハロイサイトを用いた場合に弾性率が顕著に向上したのはそういった理由と考えられる。

図9は、金型温度10℃で作成した試験片のシャルピー衝撃強度を示している。

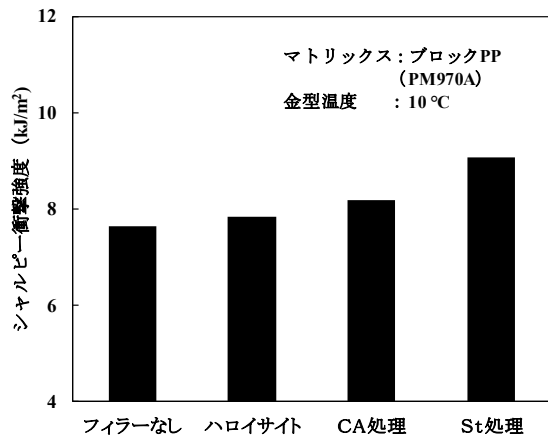


図9 フィラー1wt%添加による衝撃強度の変化

図9と図3を比較すると、金型温度10℃で成形した図9では、金型温度45℃で成形した図3と比較して表面処理による衝撃強度の差が小さかった。

4 おわりに

針状フィラーであるハロイサイトとポリプロピレンの複合材料を作成し、その力学特性を測定した。

ハロイサイト1wt%という少量添加でも、弾性率は向上した。また、ハロイサイトの添加は結晶化度を向上させた。表面処理としてシランカップリング剤を用いたものは弾性率、結晶化度ともに、向上が最も顕著であった。

このようなハロイサイトの添加による弾性率の向上は、フィラー添加による通常の弾性率向上効果と結晶核剤効果の複合的な作用によるものであった。一方、ハロイサイト1wt%添加によって衝撃強度は低下した。

参考文献

- 1) 高分子学会編, 高分子データ・ハンドブック, P557, 培風館 (1986)
- 2) W Yan, R. J. T. Lin, D. Bhattacharyya, *Comp. Sci. Technol.* 66, 2080 (2006)

電磁シールド性能と放熱性能を考慮した放熱孔の設計指針

Design Guide of Perforated Metal Compatible with Electromagnetic Shield and Heat Radiation

若槻 友里・渡邊 哲史

Yuri WAKADUKI, Tetsushi WATANABE

キーワード 電磁シールド / 磁気シールド / 放熱 / 多孔板

KEY WORDS Electromagnetic shield / Magnetic shield / Heat radiation / Perforated metal sheet

要 旨

本報告では、電子機器のシールド筐体の放熱孔として用いられる金属平板に円形孔が周期的に並べられた構造について、その形状パラメータから漏えい磁界および圧力損失係数を求める式を示す。それらの式を用いて、漏えい磁界に対しては放熱孔の孔半径が大きく寄与し、圧力損失係数に対しては放熱孔の開口比の影響が大きいことを示した。またこの結果から、放熱孔の設計段階において、計算式を利用することで放熱孔の電磁シールド性能と放熱性能の両方を考慮した設計が可能であると述べる。

1 はじめに

電子機器のシールド筐体に対して、内部の過度な温度上昇を防ぐために配置される放熱孔には、十分な放熱性能と電磁シールド性能とが要求される。このような放熱孔を極力少ないコストで製作するためには、放熱孔の設計段階においての性能評価が必須である。加えて、両性能は個別に評価されるのが一般的だが、現実的には両方同時に考慮した設計が必要である。また、手戻りによるコストを防ぐために、評価は簡易な計算式で行う方がメリットが大きい。

本報告では、電磁シールド性能および放熱性能について、両性能とも放熱孔の形状パラメータを変数とする式で求めることを目的とする。またこれらの式を用いて、放熱孔の形状と電磁シールド性能・放熱性能の関係を考察し、放熱孔の設計指針について述べる。

電磁シールド性能、放熱性能の評価指標について説明する。電磁シールド性能の場合、本報告では30 MHz以下の周波数帯における放熱孔からの漏えい磁界に着目している。電磁シールド性能は、シールド筐体外部のある観測点において、筐体を設置する前と設置した後の漏えいする磁界の比を取ることで求められる。筐体を設置した後に発生する漏えい磁界を小さくすれば電磁シールド性能は向上する。

放熱性能の評価指標としては、放熱孔の圧力損失係数を考える。圧力損失係数は、放熱孔の空気の通りやすさを表すパラメータで、小さいほど空気が通りやすく、すなわち筐体の内部が空冷されやすいことを表す。

最後に本報告の構成を示す。以降の2節では、本報告において検討対象としている放熱孔の形状を説明する。3節では放熱孔からの漏えい磁界の計算式について、続いて4節では圧力損失係数を求める計算式について述べる。これらの式を用い、5節で放熱孔の形状パラメータと漏えい磁界・圧力損失係数の関係を考察し、放熱孔の設計指針を示す。6節はまとめである。

2 検討対象とする円形放熱孔の形状

図1に本報告で検討対象としている放熱孔の形状を示し、形状パラメータを表1にまとめた。電子

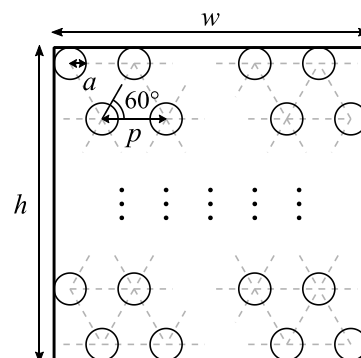


図1：周期的に配列された円形放熱孔

表1：放熱孔の形状パラメータ

名称	値	単位
孔半径	a	mm
ピッチ	p	mm
開口比	β	
孔数	$n = \frac{wh\beta}{\pi a^2}$	個
板厚	t	mm

機器のシールド筐体に空けられた放熱孔を想定し、幅 w mm、高さ h mmの矩形領域に、孔半径 a mmの円形孔がピッチ p mmの 60° 千鳥配列で並べられており、孔数は n 個であるとする。また、放熱孔は金属平板に空けられているものとし、その板の厚さを t mmとする。

60° 千鳥配列の放熱孔の開口比 β は次の式で求めることができる。

$$\beta = \frac{\pi}{\sin 60^\circ} \left(\frac{a}{p} \right)^2 \quad (1)$$

また、 a 、 w 、 h 、 β を用いて孔数 n を次式で書くことができる。

$$n = \frac{wh\beta}{\pi a^2} \quad (2)$$

3 放熱孔からの漏えい磁界

金属平板に空けられた放熱孔からの漏えい磁界は、放熱孔がアンテナとなって外部に放射される磁界と、金属平板を透過して漏えいする磁界の重ね合わせとして考えることができる。本報告の検討では、前者の放熱孔から外部に放射される磁界に着目する。

3.1 1個の円形放熱孔からの放射

初めに無限大の完全導体平板上に1個の円形放熱孔が存在する場合の放射磁界を考える。Betheの小ホール理論によって、波長に比べて十分小さい開口を透過する磁界は、完全導体平板の透過側表面に仮定する接線方向の磁気ダイポールからの放射に置き換えることができる¹⁾。

図2は1個の放熱孔への磁界の入射である。完全導体平板上では、境界条件より磁界の垂直成分はゼロとなるため、入射磁界のうち、接線成分のみが開口部分に存在すると考える²⁾。

放熱孔の透過側表面上に磁気ダイポール m を仮定すれば、孔のごく近傍を除いては、放熱孔からの放射磁界は m で発生する磁界と等しく、 m は次式で与えられる²⁾。

$$m = -\mu_0 a_m H_{\tan} \quad (3)$$

μ_0 は真空の透磁率、 a_m は以下の係数である³⁾。

$$a_m = 1.12 a^3 e^{-1.841 \frac{t}{a}} \quad (4)$$

また、 H_{\tan} は図3のように放熱孔が存在しない場合の、放熱孔の中心位置における磁界の接線成分を表す。

磁気ダイポール m が放射する磁界 H_r 、 H_θ を観測点 $P(r, \theta)$ で観測したときの磁界強度は次式で書くことができる⁴⁾。式中の k は波数とする。

$$\begin{aligned} H_r &= \frac{a_m}{2\pi} \left\{ e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^3} + \frac{jk}{r^2} \right) \cos \theta \right\} H_{\tan} \\ &= \frac{a_m}{2\pi} A_r(r, \theta) H_{\tan} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} H_\theta &= \frac{a_m}{4\pi} \left\{ e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^3} + \frac{jk}{r^2} - \frac{k^2}{r} \right) \sin \theta \right\} H_{\tan} \\ &= \frac{a_m}{4\pi} A_\theta(r, \theta) H_{\tan} \end{aligned} \quad (6)$$

以降での表記を簡単にするために、式(5)、式(6)では r と θ を含む項をそれぞれ $A_r(r, \theta)$ 、 $A_\theta(r, \theta)$ と置いている。

3.2 周期的に配列された円形放熱孔からの放射

3.1節の式を周期的に n 個配列された円形放熱孔に適用すると、 n 個の放熱孔からの放射は全ての孔からの放射の重ね合わせになる。放熱孔の配置されている領域の寸法が波長より十分小さければ、各孔間の位相差は無視できる。したがって、

$$\begin{aligned} H_r &= \frac{a_m}{2\pi} A_r(r, \theta) H_{\tan 1} + \dots + \frac{a_m}{2\pi} A_r(r, \theta) H_{\tan n} \\ &= \frac{a_m}{2\pi} A_r(r, \theta) \sum_{i=1}^n H_{\tan i} \end{aligned} \quad (7)$$

である。 H_θ についても同様に、

$$H_\theta = \frac{a_m}{4\pi} A_\theta(r, \theta) \sum_{i=1}^n H_{\tan i} \quad (8)$$

である。

このとき特に、 $H_{\tan 1} = \dots = H_{\tan n} = H_{\tan}$ である

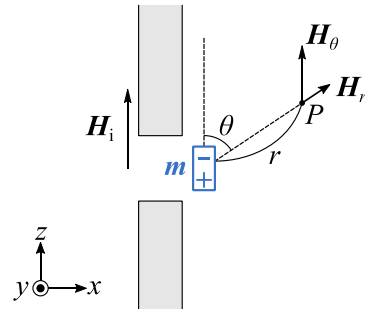


図2：放熱孔への磁界の入射

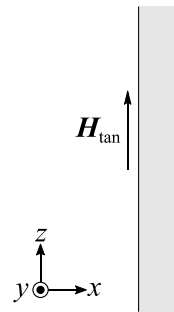


図3：放熱孔がない金属平板

場合、すなわち入射波が平面波と見なせる場合は、

$$\sum_{i=1}^n H_{\text{tani}} = nH_{\text{tan}} \quad (9)$$

と書くことができる。

式(2)、式(4)、式(7)、式(8)、式(9)から、 n 個の放熱孔からの放射は、 a 、 β 、 t を含む次の式で求められることがわかる。

$$H_r = \frac{1.12ae^{-1.841\frac{t}{a}wh\beta}}{2\pi^2} A_r(r, \theta) H_{\text{tan}} \quad (10)$$

$$H_\theta = \frac{1.12ae^{-1.841\frac{t}{a}wh\beta}}{4\pi^2} A_\theta(r, \theta) H_{\text{tan}} \quad (11)$$

4 放熱孔の圧力損失係数

放熱孔を空気を通る際、壁面との摩擦や渦の発生等が原因となって圧力損失が生じる。周期的に配列された円形孔の圧力損失係数 K は次の式で求められることが実験により報告されている⁵⁾。

$$K = \left(\frac{1}{C_v^2} - 1\right) \left(\frac{1}{C_c\beta}\right)^2 + \left(\frac{1}{C_c\beta} - 1\right)^2 - 2\left(\frac{1-C_c}{C_c\beta}\right) \left(\frac{1}{\beta} - 1\right) Y + \lambda \left(\frac{1}{\beta}\right)^2 \left(\frac{t}{2a} - 1\right) \quad (12)$$

C_v 、 C_c はそれぞれ速度係数および収縮係数である。本報告では $C_v = 0.98$ としており、 C_c は次の式で求めた⁵⁾。

$$C_c = 0.61375 + 0.13318\beta - 0.26095\beta^2 + 0.51146\beta^3 \quad (13)$$

λ は管摩擦係数で本報告では0.04としている⁵⁾。

式(12)、式(13)より、 K を求める計算式に含まれる放熱孔の形状パラメータは、漏えい磁界の式と同様に a 、 β 、 t である。式(12)の Y は文献^{5,6)}の実験値から求めた $t/2a$ の関数 ($0 \leq Y \leq 1$) となっている。また式中における $(t/2a - 1)$ は、その中の値が正のときのみ値を取り、負のときは0と置くことを意味する。

5 漏えい磁界・圧力損失係数を考慮した放熱孔の設計指針

3節、4節で示した式(10)、式(11)、式(12)を用いて、放熱孔の形状パラメータと漏えい磁界 H_θ および圧力損失係数 K との関係を考察する。

注目するのは孔半径 a と開口率 β である。以降、共通のパラメータとして金属平板の厚さ $t = 1$ mmとし、放熱孔を配置する領域の幅 w と高さ h はそれぞれ200 mmとする。また、漏えい磁界を求める際、 $H_{\text{tan}} = 1$ A/mとし、観測点 P は $r = 1$ m、 $\theta = 90^\circ$ の位置とした。このとき式(5)、式(6)から存在する磁界は

H_θ のみであるため、以降では式(11)の結果を用いて議論するが、同様の結論は式(10)の H_r の場合にも成り立つ。

初めに、開口率 $\beta = 0.227$ に固定し、孔半径 a のみを0.1 mmから10 mmまで変えたときの H_θ 、 K の計算結果を図4に示す。 a の値は H_θ の方に大きく寄与しており、 a が小さくなるにつれ H_θ も減少する。 a を $1/x$ 倍したときの H_θ の減少は、式(11)から $\frac{1}{x} \left(e^{-1.841\frac{t}{a}} \right)^{x-1}$ であるとわかる。しかし K に対しては、 a の値はほとんど影響がない。

次に、孔半径 $a = 5$ mmに固定し、開口率 β を0.1から0.9まで変えたときの H_θ 、 K の計算結果を図5に示す。この場合は K に対する影響が大きく、 β の増大によって K はおおよそ $1/\beta^2$ で減少していく。一方で H_θ への影響は a に比べて小さく、最大でも20 dB未満である。

以上の結果から、 H_θ および K が小さい放熱孔を設計するための指針を述べる。理想的には、 β はできる限り大きく、 a は小さくなるように、ピッチを詰めて配列した形状にするべきである。式(10)、式(11)、式(12)を用いて放熱孔の形状を設計する場合、目標とする K を定め、式(12)を用いて β を求め、式(10)あるいは式(11)から H が十分小さくなる a を決定する、といった放熱孔の設計が可能である。

6 まとめ

本報告では、電子機器のシールド管体の放熱孔

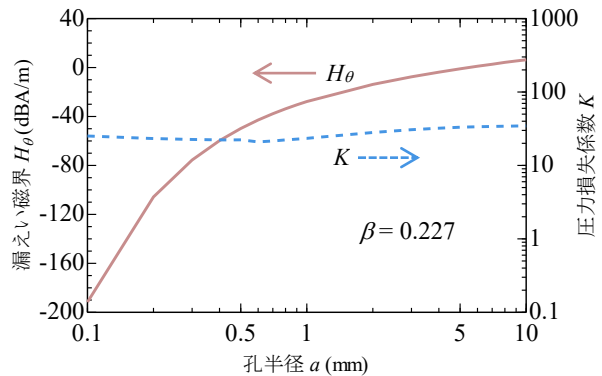


図4： H_θ 、 K の計算結果（孔半径を変えた場合）

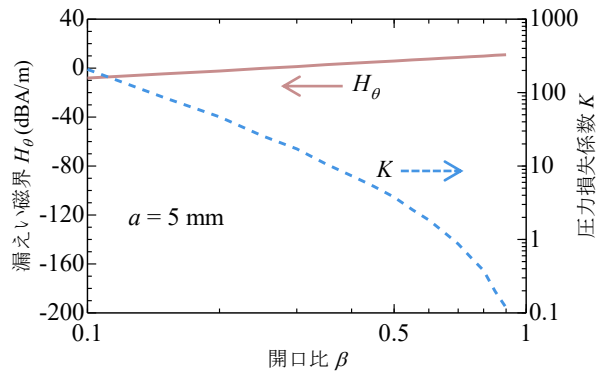


図5： H_θ 、 K の計算結果（開口率を変えた場合）

に要求される電磁シールド性能と放熱性能について、放熱孔の設計段階において評価を行うための計算式を示し、その式を用いた設計指針について述べた。電磁シールド性能の指標としては漏えい磁界、放熱性能の指標としては圧力損失係数に着目した。計算式から、漏えい磁界に対しては放熱孔の孔半径が大きく寄与し、圧力損失係数に対しては放熱孔の開口比の影響が大きいことを述べた。また、本報告で示した計算式を用いて、目標とする漏えい磁界、圧力損失係数の値から開口比や孔半径を設計することが可能であることについて述べた。

参考文献

- 1) H. A. Bethe : A journal of experimental and theoretical physics, second series, 66, 163(1944)
- 2) 畠山賢一, 蔦岡孝則, 三枝健二 : "初めて学ぶ電磁遮へい講座", 科学技術出版(2013)p.182
- 3) Noel A. McDonald : IEEE Transaction on microwave theory and techniques, MTT-20, 689(1972)
- 4) 虫明康人 : "アンテナ・電波伝搬", コロナ社(1961)p.54
- 5) 門久義, 藤原良樹, 細川欽延 : 日本機械学会論文集 (B編), 50, 1808(1984)
- 6) 岩佐真, 門久義, 藤原良樹, 細川欽延, 小松寿夫 : 空気調和・衛生工学会論文集, 34, 81(1987)

技術資料

マイクロ空間を利用した銀ナノ粒子の合成

Synthesis of silver nanoparticles with utilizing micro space

藤井英司・古谷充章

Eiji FUJII, Mitsuaki FURUTANI

キーワード 銀ナノ粒子 / マイクロリアクター / 連続式フロー合成
KEY WORDS Silver nanoparticle / Micro reactor / Continuous flow synthesis

1 はじめに

マイクロリアクター (MR) は、一辺あたり1 mm以下の大きさの空間で化学反応を行う装置で、マイクロプロセス工学の分野で研究されている。フラスコ容器を用いるバッチ式反応装置ではなく、フロー型反応装置であるため、スケールアップも可能な実用的な装置である。MRの特長として、より大きなスケールで反応を行う他の装置と比べ、エネルギー効率、反応速度、収率、安全性、装置の設置場所や対応できる反応、条件の制御能等に優れていることが挙げられる。一方で、近年、銀粒子の優れた特性 (導電性、光学特性、抗菌性等) が注目されている。その機能性を向上させるために、粒子のナノサイズ化や粒度均一化、さらには、板状やワイヤー状など、形状を制御した銀材料が開発されている^{1,2)}。本研究では、MR内のマイクロ空間を利用して、サイズや粒度均一性に優れた銀粒子の合成を検討した。

2 実験方法

2.1 MRシステムの構成

本実験で使用したMRシステムを図1に示す。2液を送液でき、連続フロー式のリアクターを構築した。反応溶液は、ダブルプランジャー式ポンプにより吸い上げられ、恒温槽内に設置しているMR (混合部) に送り込まれ、反応後、一液にまとめられ、回収部を通り、排出される。流路に用いたチューブの材質はテフロンとし、テフロンチューブのサイズは、内径 ϕ 1 mmとした。本実験は使用したMRは、縦40 mm×横60 mm×高さ23 mmの大きさの直方体で、4枚のプレートにより構成されている (図2)。底にSUS製の台座板、2段目に反応流路プレート、3段目に透明アクリル板、一番上にカバー板の4段で組み上がっている。反応流路プレートには、マイクロサイズの流路が切削加工されており、その流路のT字部が混合箇所となる (図3)。本実験では、反応流路プレートの厚みは300 μ mで、流路幅は150 μ mであり、流路が直交しているものを採用した。

2.2 銀粒子の合成条件

反応溶液として、99.8 %メタノール (富士フィルム和光純薬工業 (株) 製) と3.5 mMの硝酸銀水溶液 (富士フィルム和光純薬工業 (株) 製) を調製した。用意した2液を流速1 ml/minで送液し、MRシステム (恒温槽の設定温度:120 °C) で反応させた。反応後の溶液を1 %ポリビニルピロリドンK30 (富士フィルム和光純薬工業 (株) 製) 水溶液に滴下させ、試料を回収した。回収した溶液を限外ろ過により、洗浄・濃縮を繰り返し、濾物を試料とした。

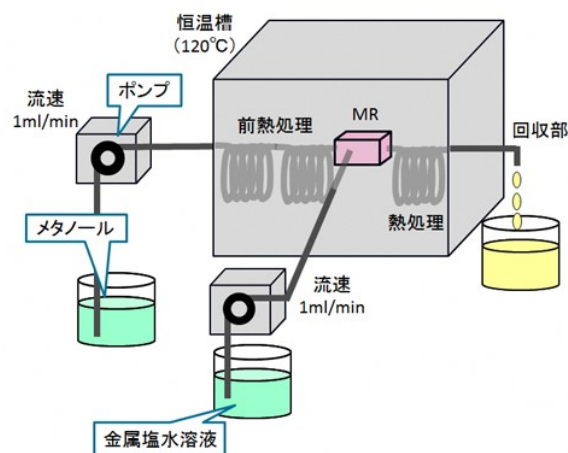


図1 MRシステムの構成

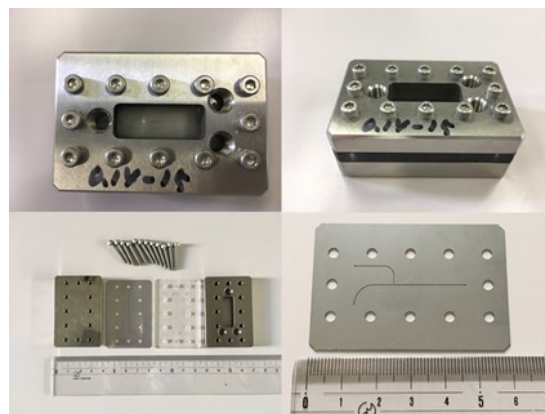


図2 使用したMR (混合部) の外観写真

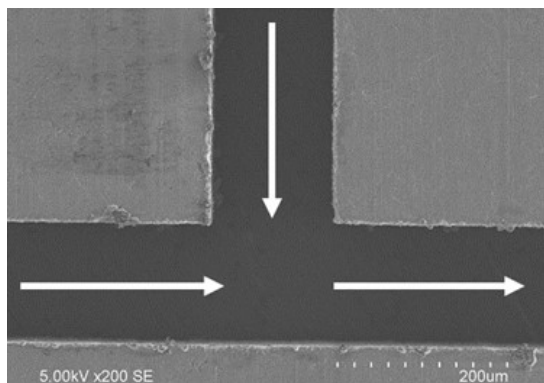


図3 MR（混合部）内のマイクロ流路

2.3 物性評価

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。撮影した写真で確認された100個の粒子を測長し、粒度分布を算出した。

3 結果と考察

作製した試料は、薄黄色の溶液であった。この溶液にレーザー光を照射し、光路が目視でき、粒子が浮遊していることを確認した。試料の薄黄色は、銀粒子の表面プラズモン共鳴による着色であると思われる。表面プラズモン共鳴とは、特定波長の光で励起された際に金属表面の自由電子が光の振動電場に対して、集団的な振動を起こし共鳴する現象で、共鳴波長付近では光との相互作用が

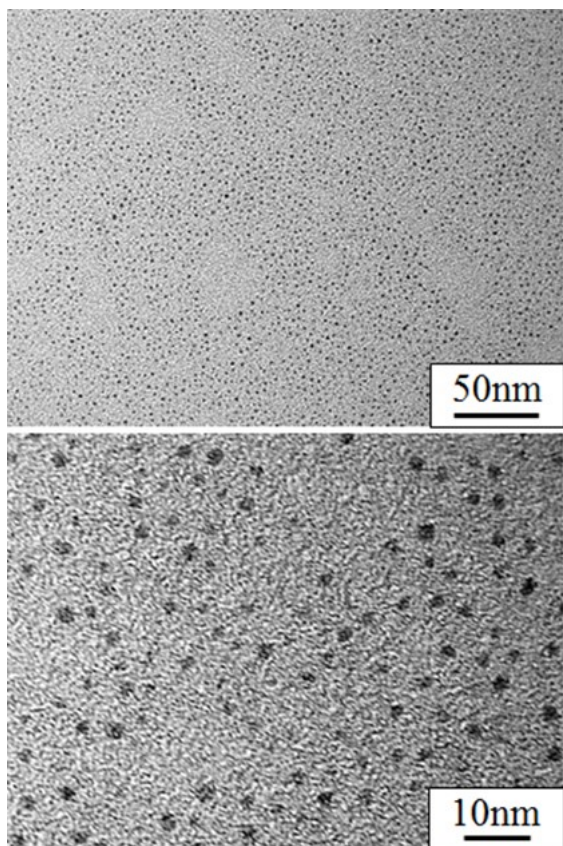


図4 作製した試料の透過型電子顕微鏡写真

増大し、光の吸収・散乱が増強され、着色しているように見える現象のことである。図4に、今回作製した試料のTEM写真を示す。また、TEM写真中の100個の粒子を測長し、粒度分布として算出した結果を図5に示す。粒子が点在していることが確認でき、凝集塊や粒子サイズのばらつきもなく、粒度均一性に優れていることがわかった。その平均粒子サイズは、3.2 nmであり、粒度均一性が高かった。限られた極小（マイクロ）空間を利用しているため、粒子のサイズ、粒度が均一になったと考えられる。このように反応を制御するためには、MRの形状・種類・流路幅、流速、試料濃度、反応温度を精密に最適化することが重要であると思われる。このMRシステムは、カスタマイズが容易であり、合成条件も精密に制御できるため、他の金属種の粒子の合成についても利用可能であると思われる。

4 まとめ

本研究では、MRシステムの構築、およびMRシステムを用いた銀粒子の合成に関する検討を行った。本MRシステムの混合部には、混合効率が高いMRを使用した。このMRを使用することにより、2液の混合は瞬時に生じると思われる。このMRシステムを用いることにより、粒度均一性が高く、約3 nmの銀粒子を合成することができた。

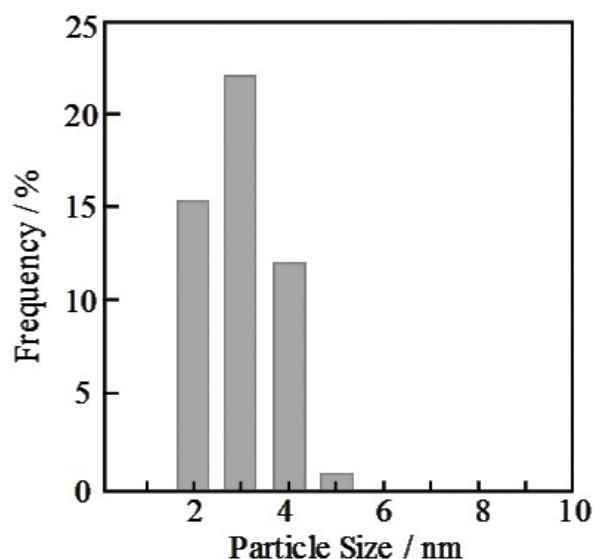


図5 作製した試料の粒度分布

参考文献

- 1) Xin Yan Hou et al. : Spectrochimica Acta. Part A, Molecular and Biomolecular Spectroscopy, Vol. 125, 285 (2014).
- 2) Jin II Kwak et al. : Environmental Science and Pollution Research, Vol. 24, 14516 (2017).

セルロースナノファイバーおよびその誘導体の レオロジー特性

Rheological properties of Cellulose nanofibers and their derivatives

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 / レオロジー / 内部ネットワーク構造
KEY WORDS Cellulose nanofibers / Rheology / Internal network structure

1 はじめに

近年、カーボンニュートラルやSDGs (Sustainable Development Goals: 持続可能な開発目標) の観点からセルロースナノファイバー (CNF) は、非常に注目されている材料である。CNFは、植物の細胞壁に含まれるセルロースを精製した後、水を分散媒とし機械的湿式プロセスによりナノサイズまで超解繊して得られる素材である。軽量でありながら高強度・高比表面積・低熱膨張など優れた特性を有しており、化学的安定性にも優れていることから様々な条件下で使用可能なため、プラスチックの補強用フィラーや不織布、ゲル基材、食品用賦形剤など様々な分野において研究・開発が進められている。また、基材表面にその懸濁液を塗布した際、緻密な膜構造を形成することや、作製したフィルムは高いガスバリア性を示すことから、塗布材料や膜材料としても非常に有用である。

本研究では、CNFが有する高比表面積、成膜性、ガスバリア性などの特性を活かした塗布材料およびフィルム材料への応用に着目した。塗布材料やフィルム材料として利用する際、原料となるCNF懸濁液のレオロジー特性は、成膜や塗布プロセスにおいて成膜性や均一性、膜厚などに大きく影響するため、必須の評価項目である。そこで、CNF懸濁液について、そのレオロジー特性を評価した。繊維長の異なるCNFや官能基が導入されたCNFを評価することで、CNFの繊維長や水への分散状態がレオロジー特性に与える影響について検討を行った。

2 実験方法

実験には、繊維長の異なるCNF (極短、標準、極長; スギノマシン製、BiNF-i-s)、カルボキシメチルセルロース (CMC; スギノマシン製、BiNF-i-s) と、セルロースの6位の水酸基がカルボキシル基に置換されているTEMPO酸化CNF (TEMPO-CNF; 第一工業製薬製、レオクリスタ) の5種類を用いた。各原料の水分量を水分計 (METTLER TOLEDO製、HX204) により測定し、蒸留水を加え固形分濃度が2 wt%になるよう調整した。懸濁液は、超音波ホジナイザーを用いて均一に分散させた後、減圧し

脱泡を行った。調製した懸濁液はレオメーター (Anton Paar製、MCR102) を用いてレオロジー特性の評価を行った。

3 結果と考察

角周波数およびせん断ひずみを一定にし、時間経過による貯蔵弾性率 G' を測定した結果を図1に、損失弾性率 G'' を測定した結果を図2に示す。全ての試料で、 G' および G'' の変化は見られなかった。この結果より、極短、標準、極長、TEMPO-CNF、CMCそれぞれの損失正接 $\tan(\delta) = G'' / G'$ を求めると、0.18、0.19、0.21、0.09、0.16となった。全ての試料で $\tan(\delta)$ が1より小さいことから、CNFおよびその誘導体の懸濁液は、弾性成分の割合が大きくゲル (固体) 状態としての特性が優位であることが明らかとなった。図3に、周波数を一定にし、せん断ひずみを変化させ複素粘度を測定した結果を示す。全ての試料で、せん断ひずみが増加した際、ひずみが一定値を超えると複素粘度が減少した。CNFは、ひずみが1%以下では繊維長が長い試料ほど複素粘度が高かった。粘度降下が起こるひずみ量は1%であり、繊維長による差は見られなかった。CNF懸濁液は0.5 wt%以上の濃度で液全体に内部ネットワーク構造が形成されることが報告されてい

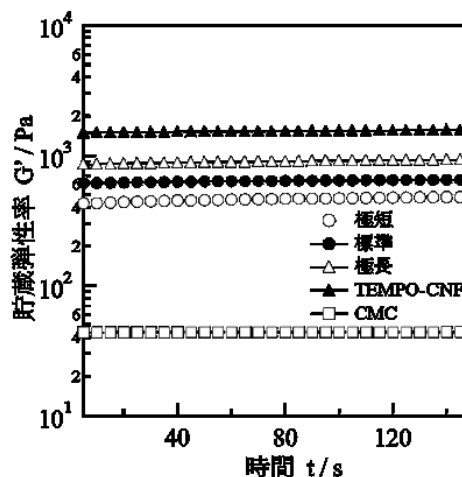


図1 貯蔵弾性率の経時変化

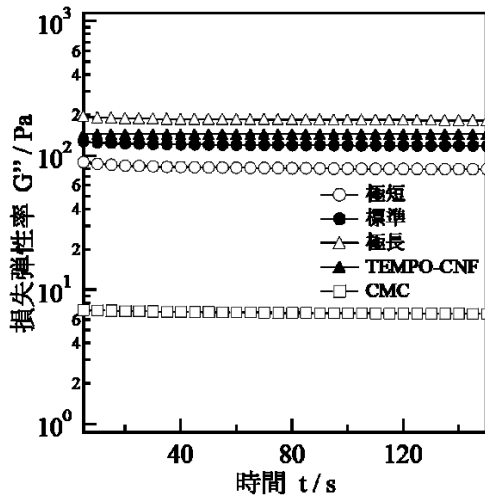


図2 損失弾性率の経時変化

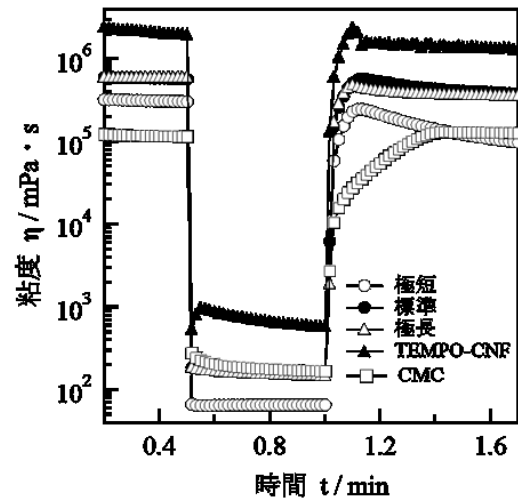


図4 せん断速度を変化させた際の粘度変化

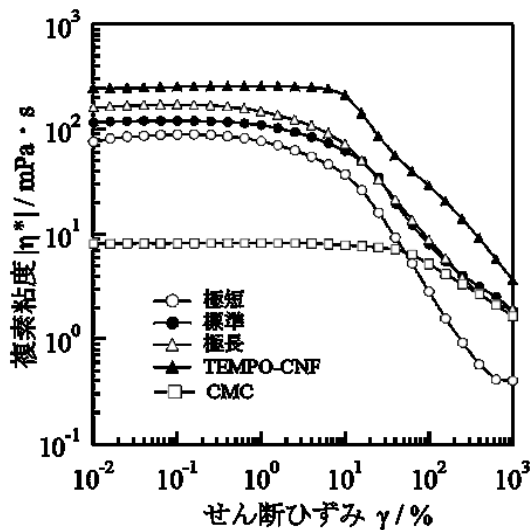


図3 せん断ひずみに対する複素粘度変化

る²⁾。CNF懸濁液にひずみが一定以上加わると、ファイバーの内部ネットワーク構造が崩壊し、複素粘度が減少していると考えられる。TEMPO-CNFは、CNFより高い複素粘度を示し、粘度減少が起こるひずみも10%と大きかった。TEMPO-CNFは、セルロースの6位の水酸基がカルボキシル基に置換されており、懸濁液中ではCNFよりバルク体が少なくファイバーとして均一に分散するため、より緻密な内部ネットワーク構造を形成し、CNFと比較して複素粘度とひずみが大きくなったと考えられる³⁾。CMCは複素粘度が他の試料より低く、ひずみの増加に伴う粘度減少が最も少なかった。CMCは水溶性のセルロース誘導体であり、他のナノファイバー懸濁液と異なり、高分子鎖が1本ずつ水中へ分散した分子分散状態となっている。そのため、ファイバーが固体として懸濁液中に分散している他の試料と粘度挙動が異なると推察される。

図4に、せん断速度を 0.1 s^{-1} で0.5 min、 1000 s^{-1} で0.5 min、 0.1 s^{-1} で1 min印加した際の粘度変化をプ

ロットした結果を示す。静止状態に限りなく近いせん断速度から、大きなせん断速度に変化させることで、成膜や塗布工程に近い条件を再現した。全ての試料で、せん断速度が印加された際に粘度が減少した。せん断が加えられることでファイバーの内部ネットワーク構造が崩壊し、粘度が低下するためと考えられる。その後の静止状態では、粘度は初期粘度に近い値を示した。CMCを除き初期粘度より低下しているが、せん断によりファイバーの配向が起これ、初期のランダムな構造と比較し粘度が低下していると考えられる。粘度の回復速度は、CNFやTEMPO-CNFは早く、CMCは緩やかであり、内部ネットワーク構造の回復速度が異なることが示唆された。この結果を実際の塗布工程に当てはめれば、CNFやTEMPO-CNFは液だれが少なく、塗布膜の均一性に注意が必要である。一方、CMCは、塗布時の液だれを起こしやすい可能性が示唆された

4 まとめ

CNFおよびその誘導体についてレオロジー特性の評価を行った。CNFをフィルム材料や塗装用膜材料として利用する際、原料懸濁液のレオロジー特性は非常に重要である。CNFおよびその誘導体の懸濁液は、ゲルとしての性質が優位であることが明らかとなった。また、分散しているファイバーの長さや分散状態が、レオロジー特性に影響を与えることが分かった。これらの結果より、原料CNFの繊維長や成膜時の塗工速度を調整することにより、塗工膜やフィルムの膜厚や均一性を制御することが出来ると期待できる。

参考文献

- 1) I. Siro' and D. Plackett, Cellulose, 17, 459 (2010)
- 2) S. Iwatsubo, セルロース学会第 25 回年次大会要旨, 99 (2018)
- 3) A. Isogai, T. Saito, H. Fukuzumi, Nanoscale 3, 71 (2011)

ヒノキから抽出したオイル成分の抗菌効果

Antibacterial Effect of the Oil Extracted from Japanese Cypress

高橋和宏・常定 健

Kazuhiro TAKAHASHI and Takeshi TSUNESADA

キーワード 抗菌効果／ヒノキ抽出液／セスキテルペンアルコール／イソプロピルアルコール／熱測定

KEY WORDS Antibacterial Effect／Extract of Japanese Cypress／Sesquiterpene alcohols／Isopropyl alcohol／Calorimetry

1 はじめに

木質系バイオマスはカーボンニュートラルな資源であるため、温室効果ガス排出量を削減するために期待される有機資源である。

ヒノキは岡山県で人口植林されている樹木の約7割を占め、バイオマスタウン真庭で集積される未利用木材資源の中心となっている。集積された木材チップは、バイオマス発電や暖房用の燃料として利用されている。木質系バイオマスの利用を推進するためには、燃料用途のみならず、より付加価値の高い利用法の開発が必要となる。ヒノキには、抗菌効果や殺虫効果を持つオイル成分が含まれている。カビ(真菌)による製品汚損は様々な産業分野において問題となっており、天然系抗菌成分に対する関心は高い。ヒノキチップ由来のオイル成分が簡易な方法で抽出可能で、かつ抗菌効果を示せば、木質系バイオマス資源の付加価値は向上する。

本研究では、比較的安全・安価なイソプロピルアルコール(IPA)によるオイル成分の抽出を試み、含まれるオイルを定性・定量するとともに、代表的な真菌である酵母に対する抗菌効果を定量的に調べた。

2 実験方法

2.1 ヒノキチップからのオイル成分の抽出

2.1.1 試料およびIPAによるヒノキオイルの抽出

岡山県産ヒノキを心材、辺材、心材・辺材混在部の3部に切り分け、最もオイル成分を含有すると考えられている心材からオイル成分を抽出した。チップ状のヒノキ心材200gとIPA1Lを容量36Lのステンレス容器に入れ、容器の上部をアルミ箔で覆い、ヒノキとIPAで満たされている部分が80℃の水浴中にある状態で4時間加熱した。加熱後、ヒノキチップを除去し、ステンレス容器に残留したIPAのうち、500mLを採取し、オイル成分とした。

2.1.2 オイル成分の定性および定量

オイル成分の定性分析はガスクロマトグラフィー質量分析計(GC/MS)を用い、以下の条件で測定した。

- ・装置：パーキンエルマー製 Clarus 500
- ・キャリアガス：ヘリウム(総流量100 mL/min)
- ・カラム流量：1 mL/min(分析開始時)
- ・注入量：2 μ L(マニユアルインジェクション)
- ・カラム：スペルコ製 supelcowax-10(長さ60m、内径0.25 mm、膜厚0.25 μ m)
- ・カラム温度：40℃(0 min) \rightarrow 20℃/min \rightarrow 120℃(0 min) \rightarrow 2.5℃/min \rightarrow 240℃(8 min)
- ・カラムヘッド圧：17.0 psi(42 min) \rightarrow 1.0 psi/min \rightarrow 35.0 psi(0 min)
- ・イオン化：電子衝撃(EI)法(70 eV)

オイル成分の定量は、100 mLのヒノキ抽出液を40℃で24時間加熱後残留した乾固物の質量と揮発したオイル量の和として定量した。揮発したオイル量は以下の方法で定量した。上記の乾固物を、乾固前と同量のIPAに溶解した再溶解溶液を作製し、再溶解溶液のガスクロマトグラフ分析を行い乾固前のクロマトグラムと比較した。ヒノキ抽出液の乾固により、強度が小さくなった主要ピークについて、保持時間が近傍のパラフィン(ペンタデカン、ヘキサデカン等)を基準として減少量を求め、揮発オイル量とした。

2.2 ヒノキオイルの抗菌効果の測定

2.2.1 供試微生物および培地

供試微生物として *Saccharomyces cerevisiae* (オリエンタル酵母)を使用した。*S. cerevisiae* の培養にはYPD培地(Difco)を使用した。

2.2.2 増殖活性の測定

微生物の増殖を発熱量から測定する微生物熱量計(けいはんな文化学術協会; Antares)を使用して抗菌効果を定量的に測定した。微生物熱量計では、微生物の増殖にともなう代謝熱を参照セルとの間の温度差として計測する。こうして得られたデータは増殖サーモグラム($g(t)$, μ V)と呼ばれる。 $g(t)$ 曲線の横軸は培養時間で、縦軸は単位時間の発熱速度(増殖速度)にほぼ比例する¹⁾。培地に添加した成分が抗菌効果を示す場合、 $g(t)$ 曲線は検出時間

の遅れまたは発熱速度（増殖速度）の低下として検出される。IPA は抗菌効果を持つため、IPA の抗菌効果を調べた後に、ヒノキ抽出液のオイル成分の抗菌効果を調べた。

滅菌済みのYPD培地（5 mL）にIPA（0～5.7%）またはヒノキ抽出液（0～2.0%）を添加した。ヒノキ抽出液の場合は各培地に含まれるIPA量が100 μL になるようにIPAを添加した（表1）。その後 *S. cerevisiae* 菌液を50 μL ずつ添加し、25 $^{\circ}\text{C}$ に設定した微生物熱量計中に静置し培養した。

表1 ヒノキ抽出液添加量の例

ヒノキ抽出液濃度 (%)	0	1.0	2.0
ヒノキ抽出液 (μL)	0	50	100
IPA (μL)	100	50	0

2.2.3 $g(t)$ 曲線からの最小生育阻止濃度の算出²⁾

添加した抗菌成分が殺菌的に働く場合、 $g(t)$ 曲線の検出時間は延長する²⁾。従って、抗菌成分の最小生育阻止濃度（MIC）は、 $g(t)$ 曲線の検出時間の遅延から算出できる。抗菌成分未添加の場合に $g(t)$ 曲線が任意の α に到達する時間を $t_{\alpha}(0)$ 、抗菌成分を添

加した場合に $g(t)$ 曲線が α に到達する時間を $t_{\alpha}(i)$ とする時、薬剤濃度に対して増殖の時間的遅れから見た比増殖活性 $(1 - t_{\alpha}(0) / t_{\alpha}(i))$ をプロットした薬剤作用曲線を作図し、モデル式を用いた回帰分析によりMICを算出する方法が導出されている²⁾。本研究では同原理により解析する装置付属のソフトウェア（Antares）を使用してMICを算出した。

3 結果と考察

3.1 ヒノキ抽出オイル成分の定性及び定量

図1に、ヒノキ抽出液をGC/MSで分析した結果を示す。ヒノキ抽出液には、図1の範囲Aにセスキテルペン（炭化水素類）と図1の範囲Bにセスキテルペンアルコール類が存在し、セスキテルペンアルコール類のなかには、①T-カジノール、②T-ムウロロール、③ δ -カジノール、④ α -カジノールの存在が確認できる。前報でヒノキチップから水蒸気蒸留で抽出したオイル成分のGC/MSのクロマトグラムを報告している³⁾。IPAで抽出したオイル成分は、セスキテルペンより、セスキテルペンアルコール類の割合が高い（ピーク強度でおよそ3倍）が、水蒸気蒸留で抽出した場合はこれらの割合は同程度であった³⁾ ことから、カジノール類を有効成分とするならば、水蒸気蒸留抽出液よりもIPA抽出液の方が有効成分の割合が多いと考えられた。

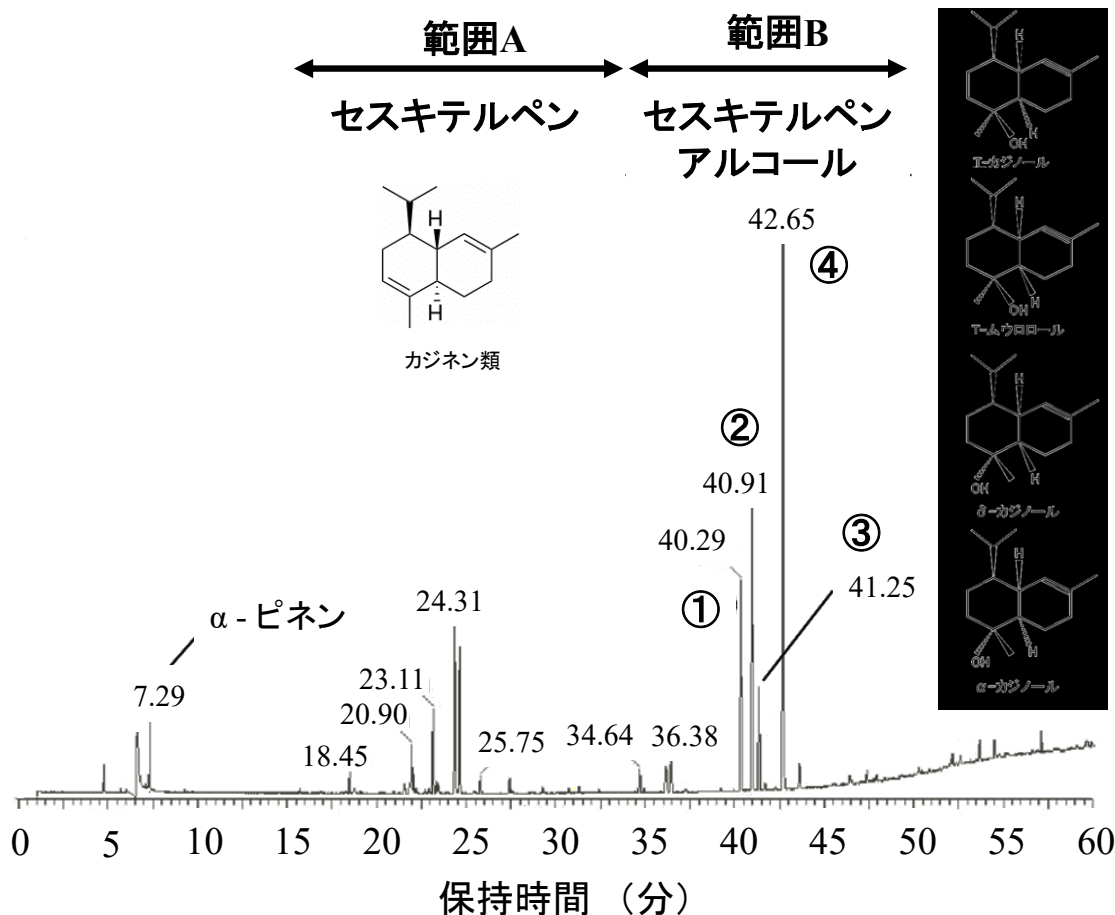


図1 オイル成分のGC/MS分析結果とカジノール類の構造（強極性カラム使用）

また、オイル成分の定量結果は以下のとおりであった。

- 100 mL あたりの乾固物量 0.692g
- 100 mL あたりの揮発量 0.037g
- 100 mL あたりのヒノキオイル量 0.729g

3.2 酵母の増殖挙動におよぼす IPA の影響

図 2 に、酵母の増殖挙動におよぼす IPA の影響を示す。図 2A に $g(t)$ 曲線を、図 2B に薬剤作用曲線を示す。1%までの IPA は酵母の増殖活性にほとんど影響しないが、2%以上になると IPA 濃度の増加と共に増殖の遅れが見られた。図 2B の薬剤作用曲線より、IPA の MIC は 9.37 ± 0.85 (%) であることがわかった。また 2% の IPA の添加による時間的遅れから見た比増殖活性の低下は約 10% に留まっており、2% の IPA 存在化でもオイル成分の抗菌性を評価可能であると考えられた。

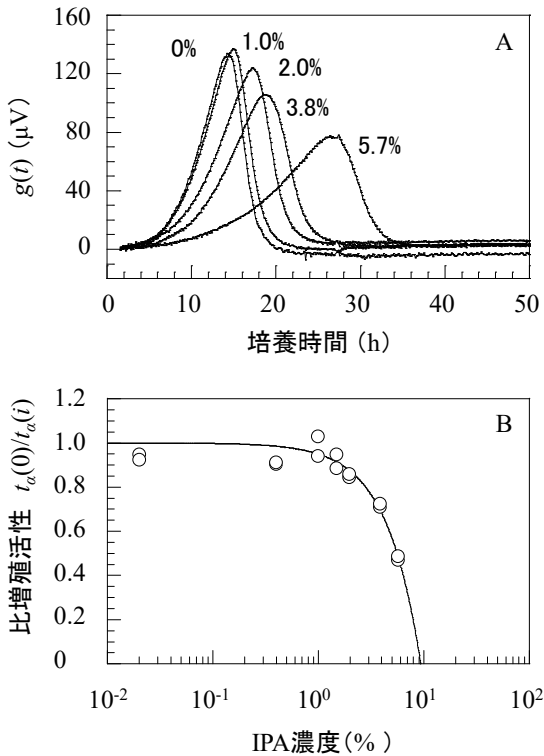


図 2 $g(t)$ 曲線 (A) と増殖の時間的遅れから見た比増殖活性 (B) におよぼす IPA の影響

3.3 酵母の増殖におよぼすヒノキ抽出液の影響

図 3 に、酵母の増殖挙動におよぼすヒノキ抽出液の影響を示す。それぞれの培養液中には、ヒノキオイル IPA と合わせて $100 \mu\text{L}$ となるように IPA を添加しているのでヒノキ抽出液の見掛けの抗菌活性を評価していることになる。ヒノキ抽出液の添加量が多くなると $g(t)$ 曲線の検出時間が遅延した (図 3A)。この結果からヒノキ抽出液中のオイル成分は酵母に対して殺菌的に作用していると考えられた。薬剤作用曲線の解析の結果、MIC は 2.35 ± 0.13 (%) と計算された (図 3B)。ヒノキ抽出液に

は 7.29 mg/mL のオイル成分が含まれているので、MIC は $171.3 \pm 9.5 \mu\text{g/mL}$ となる。

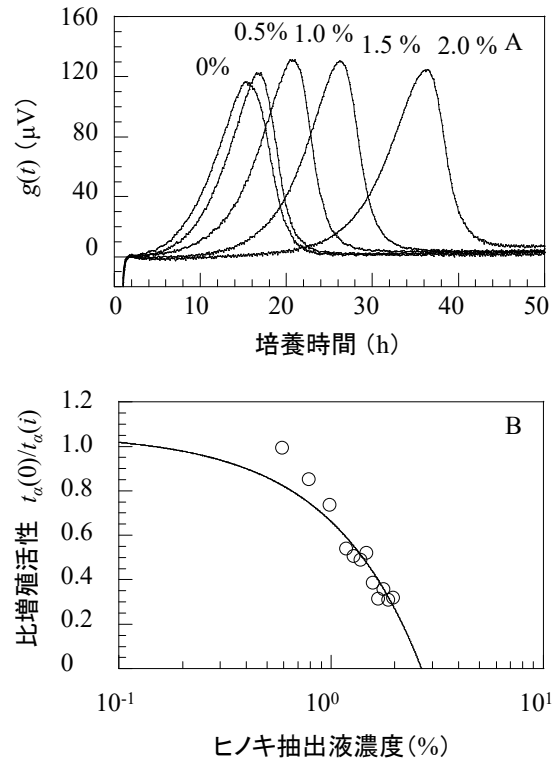


図 3 2% IPA 存在下での酵母の $g(t)$ 曲線におよぼすヒノキ抽出液の影響 (A) と薬剤作用曲線 (B)

4 まとめ

GC/MS 分析により、ヒノキ抽出液には、目的とした 4 種類のセスキテルペンアルコール類を高い割合で含まれることが確認された。

抽出溶媒として用いた IPA の抗菌効果を定量的に評価した後に、ヒノキ抽出液中のオイル成分の酵母 (真菌) に対する抗菌効果 (MIC = $171 \mu\text{g/mL}$) を確認した。このヒノキ抽出液中のオイル成分がカビ (*Aspergillus oryzae*) に対しても同程度の抗菌効果を持つことも確かめている。ヒノキチップから IPA で抽出したオイル成分は、カビに対する天然系の抗菌剤となる可能性がある。

参考文献

- 1) 高橋克忠: 細胞増殖. 生物物理, 35, 32 (1995)
- 2) 高橋克忠: 防菌防黴, 24, 313 (1996)
- 3) 常定 健, 川端浩二, 福崎智司, 光石一太: 岡山県工業技術センター報告, 36, 26 (2009)

SDGs 推進に向けたコルク熱分解生成物の低減

Decrease in Pyrolysate Generated from Cork Aiming to the SDGs Promotion

常定 健・兒子 英之

Takeshi TSUNESADA and Hideyuki NIGO

キーワード 持続可能な開発目標 / バイオマス利用 / コルク製品 / クロマトグラフィー
KEY WORDS Sustainable Development Goals / Biomass Utilization / Cork Products / Chromatography

1 はじめに

「SDGs」とは、「Sustainable Development Goals (持続可能な開発目標)」の略称であり、2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」に記載された2030年までの国際的目標である。その実施に向けて日本政府も「SDGs推進本部」を設置し、国内実施と国際協力の両面で率先して取り組む体制を整え、「SDGs推進円卓会議」における対話を経たのち、同年の12月、今後の日本の取組の指針となる「SDGs実施指針」を決定した¹⁾。

岡山市、真庭市が「SDGs未来都市」に選ばれたこともあって、岡山県内ではSDGsに関する取り組みが活発に行われている。2019年2月には、岡山市、岡山大学などが主催した「SDGsフォーラム in 岡山2019」、同年の4月には、「SDGsでつながるオールおかやまー持続可能な地域の未来とはー」と題したシンポジウムが開かれるなど、地域全体でSDGsを推進する機運が高まっている²⁾。



図1 持続可能な開発目標³⁾

(出典：国際連合広報センター)

2 研究の背景

2017年における岡山県の製造品出荷額等は約7兆円であるが、そのうち約3兆円は水島工業地帯において製造されたものである。つまり、水島工業地帯は、県の製造品出荷額の4割超を占める一大工業地域であり、岡山県産業の中核をなしている⁴⁾。

水島工業地帯では、石油製品・石炭製品、鉄鋼業、化学工業の3分野で、製造品出荷額の約8割を占めている。これらの産業は、海外の原油、石炭、鉄鉱石を主な原料としているが、SDGsの推進には、化石エネルギー原料の有効利用を促進するとともに、太陽光、風力等の再生可能エネルギーの利用が望まれている。

それとともに期待されているのがバイオマス資源の活用であり、特に海外のバイオマスは、原油、石炭、鉄鉱石に匹敵する輸入資源になる可能性を持っている。バイオマス資源のなかで、産業用途として最も多く利用されている原料はセルロースであり、その代表的製品である紙は、脱プラスチックの主役になると期待されている。また、セルロース関連の研究のなかで、特に注目されているセルロースナノファイバーについては、近年、各地で実用化に向けた研究開発が活発に進められており、岡山県としても、木質バイオマスの利活用による新たなバイオマス産業の創出に注力しているところである。

しかし、セルロースだけでプラスチックが持つすべての機能を果たせるわけではない。プラスチックには多くの種類があって、目的に合わせて様々な素材を選択できることが利点になっている。バイオマスについても、様々な特性を有する素材の開発が必要であると考えられる。しかし、セルロース以外の植物由来素材は、熱安定性に欠けるものが多く、工業化の障害になっている。プラスチックの場合、使用可能温度としては耐熱性の高くない素材が多いものの、200~300℃程度の温度では**化学変化**を起こさないように設計されている。一方、植物由来素材の場合は、200℃程度の温度で**化学変化**を伴う熱劣化を起こすものが多い。セルロース以外の植物由来素材にセルロース並みの耐熱性があれば、セルロースと組み合わせて、比較的高熱の環境下で、加工及び使用が可能になるものと期待される。

本研究では、植物由来素材の例としてコルク櫨の樹皮であるコルクを取りあげ、SDGsの観点から、その熱劣化の抑制について、ガスクロマトグラフ質量分析計（以下、GC/MSと表記）を用いた分析を試みた。コルク櫨は地中海性気候を好むことから、原料コルクの多くはポルトガルからの輸入品であるが、岡山県では、明治時代から現在に至るまで、コルク製品の製造が行われてきた⁵⁾。コルクは断熱性、防水性や耐摩耗性に優れ、低荷重下においても良好な密封性を有している。特に、独特の弾力性は、セルローズにはない特性である。

3 研究

3.1 実験

コルク製品のメーカーから提供を受けたポルトガル製のコルク粒（粒径0.5～1.0 mm）について、水酸化マグネシウムが過剰に存在するアルカリ水中において、90℃で16時間加熱する処理を行った。未処理のコルク（50℃での乾燥のみ）と前述の処理を行ったコルクについて加熱脱着GC/MS分析を行い、200℃におけるコルクからの揮発物を測定した。加熱脱着GC/MS分析は、TDU内で試料から発生した揮発物をCISに吸着させ、CISを急速加熱することで、揮発物を短時間でGCに注入する手法である（図2）。本分析には、加熱脱着ユニットTDU（ゲ

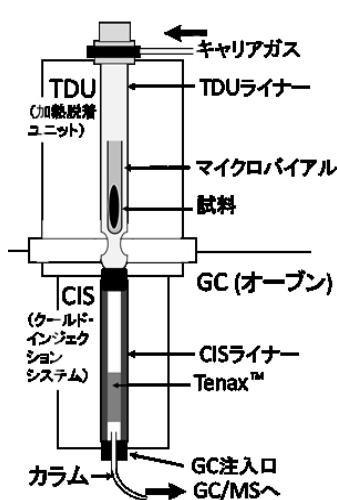


図2 加熱脱着システムの概要

ステル社）、クールド・インジェクションシステムCIS（ゲステル社）、7890Bガスクロマトグラフ（アジレント社）と5977B質量選択検出器（アジレント社）で構成される装置を用いた。TDU専用のマイクロバイアルに試料2.0 mgを入れ、TDU内で発生したガスの分析を行った。加熱脱着GC/MSの分析条件は、表1に示すとおりである。

表1 加熱脱着 GC/MS の分析条件

TDU速度	200℃ (10 min, ベント流量; 50ml/min)
CIS速度	10℃ (0.5 min) → 720℃/min → 250℃ (10 min)
インサートライナー	TDU; ノッチ付きガラスライナー (5 mm i.d.) CIS; Tenax TA TM 充填ガラスライナー (2 mm i.d.)
キャリヤガス	ヘリウム; 2 ml/min (流量一定) TDU; スプリットレス CIS; 低スプリット (スプリットベント流量; 3 ml/min)
カラム	Agilent J&W DB-1, 30 m × 0.25 mm i.d., 膜厚 1.0 μm
オープン	40℃ (8 min) → 5℃/min → 100℃ (0min) → 10℃/min → 260℃ (14 min)
検出器 (MSD)	イオン化; EI (70eV), 測定; TIC (29～350u)

3.2 結果と考察

未処理および処理コルクの加熱脱着GC/MS分析結果を図3に示す。図3には、コルクの熱分解により生じたと推定される物質について、その構造式と保持時間を追記した。図3(a)に示すように、200℃での加熱脱着GC/MS分析により、酢酸（保持時間7.5分付近のブロードなピーク）、フルフラール（保持時間17.3分）及びバニリン（保持時間30.6分）が検出された。この他、4-プロペニルグアヤコールや4-ビニルグアヤコールといったバニリン以外のグアヤコール誘導体も検出された。

図3(b)に示すように、水酸化マグネシウム懸濁液（pH 10.5程度）による加熱処理を行うことで、コルクから発生する酢酸を大幅に削減できた。酢酸と同様、ヘミセルローズ由来であると推定されるフルフラールについても加熱時発生量を減少させることができた。バニリンについても、アルカリ水処理により加熱時発生量は減少したものの、酢酸やフルフラールのような減少率ではなかった。バニリン以外のグアヤコール誘導体もすべてリグニン由来であると推定されるが、コルクを構成するリグニンの構造は非常に複雑であるため⁶⁾、反応機構を明らかにすることは難しい。

これらの揮発物のなかで、コルクからの発生量が最も多いガスは酢酸である。酢酸は金属腐食性を持つため、工業用途においてトラブルの原因になり得る。酢酸は、ヘミセルローズに存在するアセチル基の加水分解により生成すると考えられるので、アルカリ水処理を行うことでアセチル基をあらかじめ除去できたことにより、酢酸のガス発生量を抑制できたものと推察される。本報告には示していないが、コルクから酢酸（アセチル基）を除去するには、種々の弱アルカリ水による加熱処理が有効である⁷⁾。弱アルカリ剤には、一般的に、炭酸ナトリウムや炭酸水素ナトリウムが多用される。ナトリウム塩でもマグネシウム塩でも、実験では大きな差異はないが、工業プロセスで行う場合には、無機塩に何をを用いるかで廃液処理のしやすさが大きく異なる。弱アルカリ剤に炭酸ナトリウムや炭酸水素ナトリウムを用いた場合、廃液と塩の分離が困難になり、廃液処理にコストがかかるため、廃液が環境中に捨てられるリスクが高まる。一方、水酸化マグネシウムの場合、粉体が水に難溶性であるため、固液分離により、沈殿する水酸化マグネシウム粉体を廃液から除去することができる（コルクと水酸化マグネシウムは、粒径の違いにより分離が可能である）。また、分離後の廃液には、マグネシウムイオンが僅かしか含まれないため、廃液乾固物の焼却処分が容易である。これらのことから、水酸化マグネシウムを用いた処理は環境負荷が低いと考えられる。

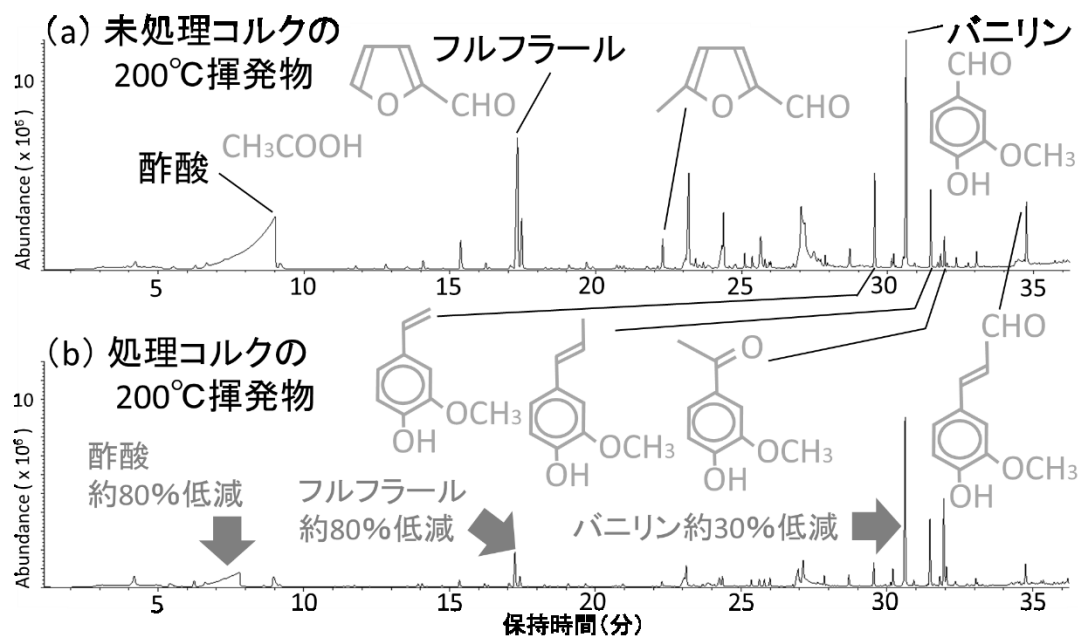


図3 未処理及び処理コルクのトータルイオンクロマトグラム (TIC)

4 補論

SDGsの特徴は、すべての国や地域の人たちが一丸となって取り組むべきビジョンや課題が網羅されていることにあり、すべての項目が軽視できない重要な目標である。バイオマスの利用にあたっては、「気候変動に関する具体的な対策を」という目標だけでなく、他の目標にも気を配る必要がある。特に、海外のバイオマスに関しては、SDGsに掲げられた項目のなかで、「貧困をなくそう」、「つくる責任 つかう責任」、「陸の豊かさもまもろう」などの項目にも配慮しなければならない。

営利企業にとって、SDGsの推進は社会奉仕としてのCSR(Corporate Social Responsibility)活動の一環として捉えられがちであるが、世界では、SDGsの推進はCSV(Creating Shared Value)活動であると認識されるようになってきている。そして、CSVの本質は、グローバル市場の激しい変化に巻き込まれることなく、自ら市場創造をリードするイノベーションを仕掛けるための戦略コンセプトである⁸⁾との認識が広がっている。このことは、地域産業にとっても同様で、SDGsの推進と地方創生は相反するものではなく、車の両輪として進めるべきものであると考えられる。

5 まとめ

本研究では、SDGsの観点からコルクの熱劣化の抑制を目指した結果、廃液処理の容易な水酸化マグネシウム懸濁液中でコルクを加熱しておくことにより、加熱時にコルクから生成する酢酸の発生量を削減できることが分かった。

本研究の実験では試料にコルク粒を用いたが、セルロースと組み合わせた製品には、コルクレザー（コルクを薄くスライスし裏材を貼り合わせて、シートにしたもの）の活用が想定される。本研究をさらに進めるためには、コルクレザー製品の实用特性を評価する必要がある。

参考文献

- 1)平成 28 年 5 月 20 日閣議決定：“持続可能な開発目標 (SDGs) 推進本部の設置について”，首相官邸(2016)
- 2)山陽新聞 2019 年 4 月 10 日朝刊：“持続可能な岡山考える”，山陽新聞社(2019)
- 3)持続可能な開発目標 (SDGs) —2030 アジェンダ：“SDGs ロゴ 日本語版”，国際連合広報センター(2018)
- 4)岡山県工業統計調査結果表：“平成 29 年工業統計調査結果”，岡山県(2018)
- 5)マイクロものづくり岡山：“会員企業紹介 内山工業株式会社”，マイクロものづくり岡山推進協議会事務局(2019)
- 6)S. P. Silva et al.：“Cork: properties, capabilities and applications”，Int. Mater. Rev. 29, 345 (2013)
- 7)常定 健，國藤勝士，兒子英之：“初期熱分解生成物の低減を目指したコルクの加熱脱着 GC/MS 分析”，リグニン討論会講演要旨集, 63, 116(2018)
- 8)藤井 剛著：“CSV 時代のイノベーション戦略—「社会課題」から骨太な事業を産み出す”，ファーストプレス(2014)

清酒製造場由来の野生酵母の耐糖性

Glucose Tolerance of wild yeast derived from 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 / 耐糖性 / 生育

KEY WORDS wild yeast / glucose tolerance / growth

1 はじめに

清酒製造場には数多くの野生酵母が存在^{1,2)}しており、このような環境のもと、開放系で発酵させ清酒を製造している。清酒製造では、麹菌が生産する酵素により米のデンプンが分解され、それを酵母がアルコールに変える並行複発酵で製造される。清酒製造期間中の糖濃度は、一般的な酒母では最高となる膨れ時で25~28%^{3,4)}、もろみでは留後、最高ボームを示す時期^{5,6)}で約10数%までになる。この濃度を超える糖濃度でも生育することが出来る野生酵母が混入した場合、製造中に長く生き残り製成酒の香味に悪影響を及ぼす可能性がある。従って、蔵内に存在する野生酵母がどの程度糖に耐えうる性質(耐糖性)を有するか把握しておくことは、発酵管理を適切に行うといった面でも重要である。

これまでに我々は同一酒造場から採取した野生酵母を同定し、その酵母菌叢について報告した⁷⁾。本報ではこれらの野生酵母から代表菌株を選択し、耐糖性について調べたので報告する。

2 実験方法

岡山県内の一製造場において採取し、同定済みの野生酵母から選択した代表菌株(5種、9株)を供試した(表1)。対照菌株として、清酒酵母のきょうかい701号(K701)、きょうかい901号(K901)、岡山県が保有する白桃酵母HN2株を使用した。

前培養は試験管にYPD培地(酵母エキス1%、ペプトン2%、グルコース2%)を5 mL分注し、これに1白金耳植菌した後、30°Cで2日間静置培養した。本培養はグルコース濃度を2、5、10、15、20%と濃度を変えたYPD培地10 mLを用意、これに細胞数が初発 1×10^6 個/mLとなるように前培養物を加え、30°Cで9日間静置培養した。この間、1、2、5、9日目に培養物を良く攪拌した後、サンプリングを行い分光光度計 BioSpec-mini(島津製作所)で600 nmの波長で濁度を測定し、これを酵母の生育度とした。

表1 出現率と使用菌株

菌名	出現率	使用菌株
<i>Wickerhamomyces anomalus</i>	53%	10-9-1
		11-A-6-1
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	31%	T1
		11-A-19-2
<i>Candida famata</i>	6%	10-1-1
		10-1-2
<i>Candida guilliermondii</i>	6%	H1
		H2
<i>Candida valida</i>	3%	11-B-19-3

3 結果と考察

清酒酵母3株は、いずれも全てのグルコース濃度で良く生育した(図1)。2日目で生育度としてはほぼ最高に達し、グルコース濃度が2%よりも少し高めの5%や10%で良く生育、それよりも高いグルコース濃度では若干生育度が減少した。サンプリング時の攪拌で、1、2日目で炭酸ガスである泡がしっかりと生じ、グルコース濃度が高い方がその程度は大きく、細胞活動が活発であることが確認できた。一方、生育が落ち着く9日目ではほとんど起泡は見られなかった。

清酒酵母と同じ*Saccharomyces cerevisiae*として同定されたT1株と11-A-19-2株は、清酒酵母と同じような増殖曲線であったが、11-A-19-2株のほうが2日目で生育度が良好であった(図2)。泡はどちらの株も清酒酵母と同様の傾向であったが、生育度とは逆にT1株のほうが高濃度側で良く起泡した。このように同じ菌種間でも株の違いで性質が若干異なっていることが確認できた。

1番出現頻度が高かった*Wickerhamomyces anomalus*(10-9-1株、11-A-6-1株)では、特徴として1日目の増殖の立ち上がりが遅いことが挙げられる(図3)。しかし、その後の生育度は清酒酵母より大きく、特に11-A-6-1株は9日目において5%、10%のグルコース濃度でそれぞれ21.4、25.1と極端に大きな値となった。この種でも株の違いで耐糖性に大きく差があることが分かった。両株とも泡は2日目から生じはじめ、5日目が最高、9日目でも15%以

上の高濃度側で起泡が持続していた。また、2日目からは培地液面にはっきりと膜を生じはじめた(産膜)。

Candida famata (10-1-1株、10-1-2株)は、他の酵母と比べ生育度が極端に悪かった(図4)。しかしながら、9日間の培養期間中に生育度が一定になることはなく、上昇し続けていた。さらに培養日数を重ねれば生育度は高くなる可能性があり、増殖速度が遅いが最終的には生育度の高い野生酵母である可能性も示唆される。低いグルコース濃度の方が生育度は高めだった。なお培養期間中、両株とも泡を生じることにはなかった。

Candida guilliermondii (H1株、H2株)は*C. famata*同様、9日間の培養期間中生育し続けた(図5)。ただ、生育度としては*C. guilliermondii*のほうが高かった。

た。この菌種においても泡を生じることにはなかった。

Candida valida (11-B-19-3株)は、清酒酵母を含む*S. cerevisiae*とよく似た増殖プロファイルで生育度は少し高めの傾向だった(図6)。ただ、9日目で生育度が減少傾向であった。清酒酵母同様、泡は1日目から生じ、5日目からは起泡が落ち着いた代わりに、懸濁が困難なほど細胞が凝集しはじめた。なお、*W. anomalus*と同様、2日目から産膜が起きはじめた。

以上、全ての菌株を総合的に見てみると、生育度に差があるものの、いずれの野生酵母も高い糖濃度で増殖することができており、清酒製造工程で想定されるような高い糖濃度の環境下でも生存することができると言える。

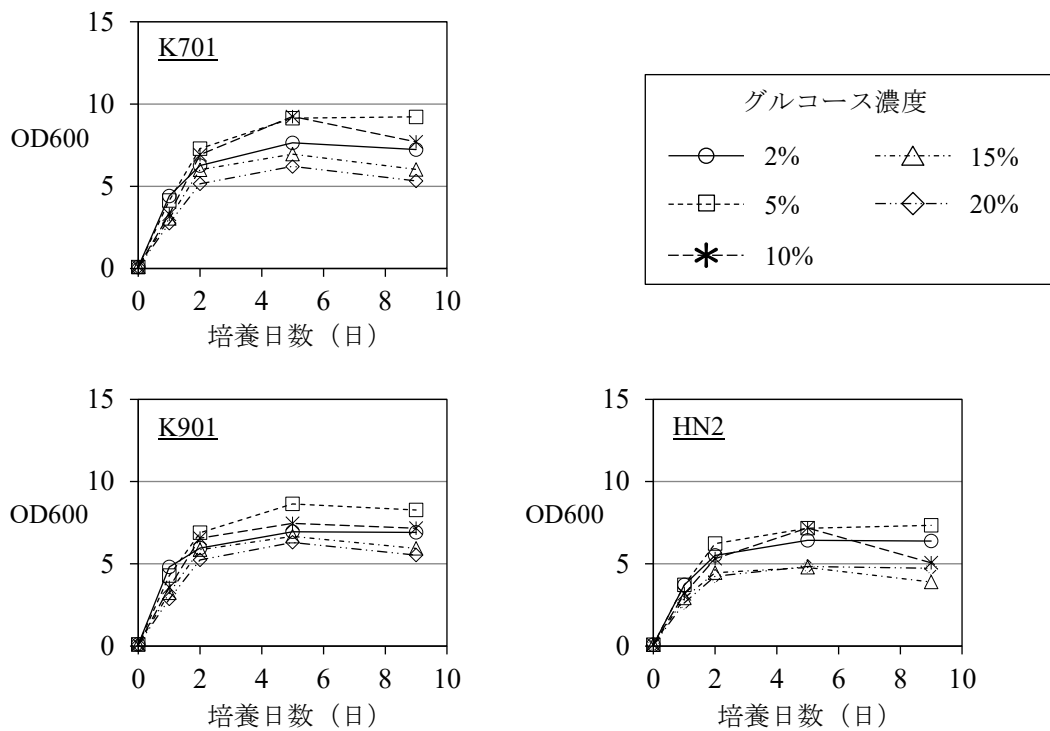


図1 清酒酵母の増殖曲線

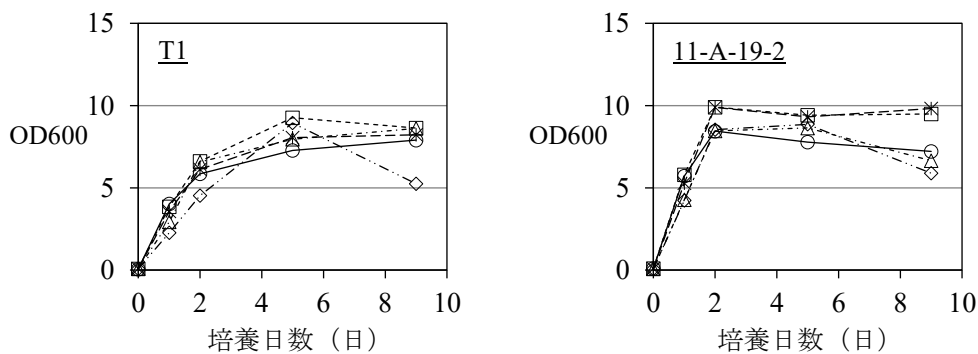


図2 *S. cerevisiae* の増殖曲線

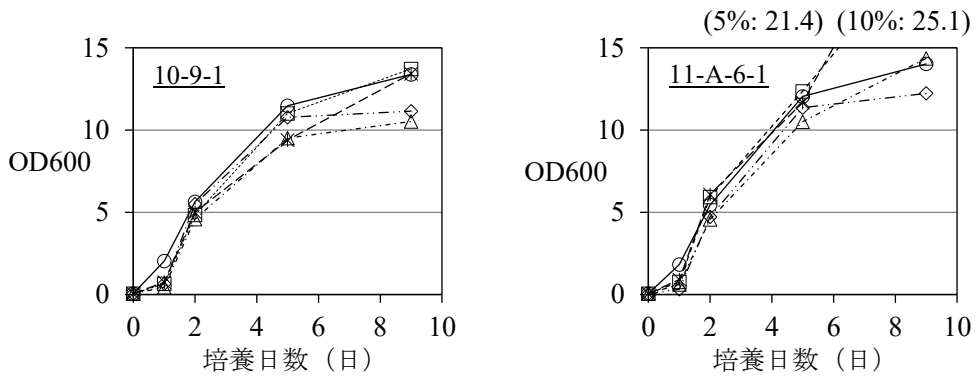


図3 *W. anomalus* の増殖曲線

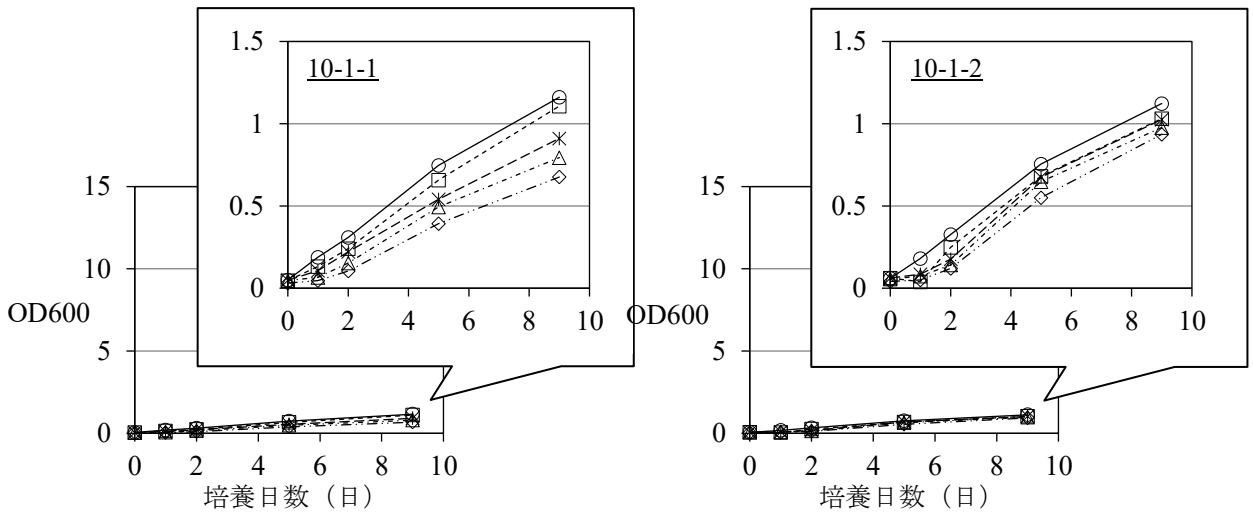


図4 *C. famata* の増殖曲線

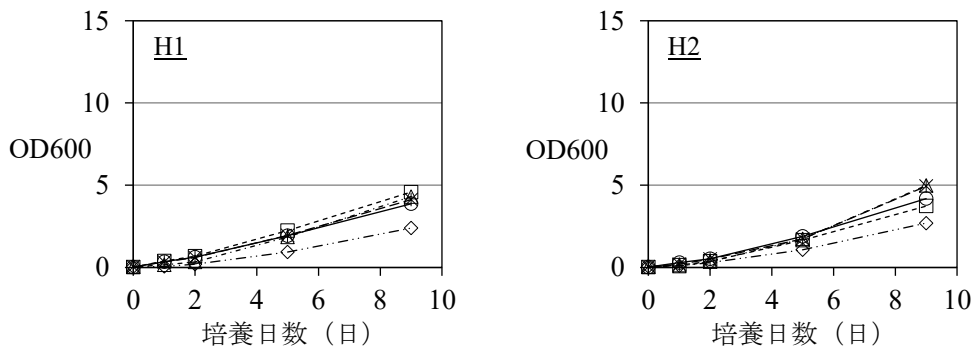


図5 *C. guilliermondii* の増殖曲線

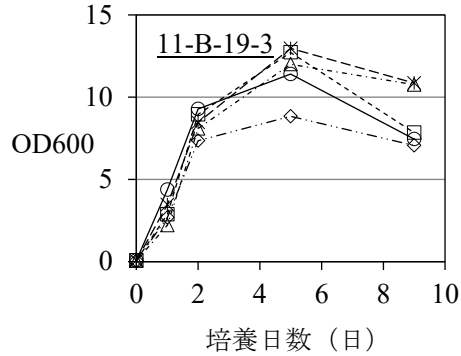


図6 *C. valida* の増殖曲線

4 まとめ

清酒製造では、酒母生育時には乳酸による低いpHにより細菌や野生酵母の汚染を防ぎ、優良な清酒酵母を純粋に生育することを可能としている。この間、麹菌の酵素によってデンプンから生じたグルコースが蓄積し、高い糖濃度環境となる。しかし、もろみ工程ではすでに優良酵母が大多数となっており、野生酵母が少し混入しても大きな影響を与えることは少ない。ただ開放系で発酵を行う以上、汚染のリスクは少なからず存在するうえ、それによる香味への影響も懸念される。清酒酵母は長年かけて高い糖濃度でも生育できる株が選ばれてきた結果であり、これと肩を並べる野生酵母が蔵内に多く存在すれば、当然汚染リスクが高まる。今回蔵内から単離された一部の野生酵母で試験を行ったが、耐糖性に関してはいずれの野生酵母も高い傾向を示した。従って、多くの耐糖性野生酵母が存在している可能性が高いと思われる。清酒製造場では、糖濃度が非常に高い酒母やもろみ

を扱うため、その環境に存在する野生酵母もまた糖に対して耐性を持つものが多いのではないかと考えている。清酒製造場には高濃度の糖に強い野生酵母が多いということを把握し、清酒製造の際には混入に十分に注意を払うことが必要である。

参考文献

- 1) 菅間誠之助: 日本醸造協会誌, 62, 927-935 (1967)
- 2) 菅間誠之助, 大内弘造, 加藤邦昭, 麻生直次郎, 川崎恒: 日本醸造協会誌, 62, 1022-1028
- 3) 黒須猛行: 日本醸造協会誌, 93, 334-343
- 4) 増補改訂最新酒造講本: (財) 日本醸造協会, p130
- 5) 若林三郎: 日本醸造協会誌, 93, 498-503
- 6) 増補改訂最新酒造講本: (財) 日本醸造協会, p162
- 7) 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, 44,7-9 (2018)

各種インジゴ染料のソーピングによる色彩変化

The Color Shift of Various Indigo Dyeing Clothes by Soaping Method

國藤勝士・松本侑子

Katsushi KUNITOU, Yuko MATSUMOTO

キーワード インジゴ / ジブロモインジゴ / テトラブロモインジゴ / 色相変化 / ソーピング
KEY WORDS Indigo / Dibromoindigo / Tetrabromoindigo / Color shift / Soaping

1 はじめに

インジゴは古くより藍染めやブルージーンズ等に使用されている染料である。特に、ブルージーンズは経年変化で色落ちと共に色彩変化することが魅力向上の要因となっている。我々は既報¹⁾において各種インジゴ染色布がソーピングにより色彩変化することを報告し、その理由としてインジゴの染着状態が大きな要因であることを明らかとした。したがって、インジゴと同化学構造を有するジブロモインジゴ、テトラブロモインジゴも同様にソーピングで色彩変化することが想定される。そこで本研究では、各種インジゴ染料にて染色した綿布のソーピング条件による色彩変化を検討した結果を報告する。

2 実験方法

2.1 試料

インジゴ、ジブロモインジゴ、テトラブロモインジゴはダイスター製のDystar Indigo Gran、Tsuya Indigo RN、Tsuya Indigo 2Bを使用した。被染物である綿布は(一財)日本規格協会の添付白布を使用した。ソーピング剤はJIS規格準拠のマルセル石鹼を使用した。

2.2 染色綿布の作製およびソーピング

各種インジゴ染料による染色は坂川²⁾らの報告に準じた染色方法にて行い、ほぼ一定の染着量(Total K/S値として約100)となる染色綿布を作製した。

ソーピングは0.5%マルセル石鹼溶液(浴比1:50)が入った染色ポットに各種インジゴで染色した綿布を投入し、赤外線ポット染色試験機(URMINI-COLOUR)にて各温度で30分間処理した。40℃まで冷却後、染色ポットから染色綿布を取り出して水洗し、50℃の乾燥機にて乾燥し、試験布とした。

2.3 染着量および色相の評価

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綿布の染着量を評価した。ま

た色相は同分光測色計の反射率からa*値、b*値を算出することにより評価した。

3 結果と考察

図1に各ソーピング温度における各種インジゴ染料の染着量変化を示す。未ソーピング試料のTotal K/S値とソーピング後のTotal K/S値との比率として表した。ソーピングは未固着染料の除去を目的としているため、一般には染着量の大幅な低下はおこらない。しかしながら、今回使用したインジゴ染料はいずれもソーピング温度の上昇とともに染着量も低下し、特にインジゴでは150℃のソーピングでほとんど除去されることが分かった。

染色物の繊維断面観察から、インジゴは繊維内部まで染着していることを確認している。したがって、各インジゴ染料布の染着量低下は繊維内部に染着した染料も除去されたことにより引き起こされたと考えられる。一方、ジブロモインジゴとテトラブロモインジゴはインジゴと比較して、染着量の低下が少なかった。ジブロモインジゴ、テトラブロモインジゴの染着力はインジゴより強いことが

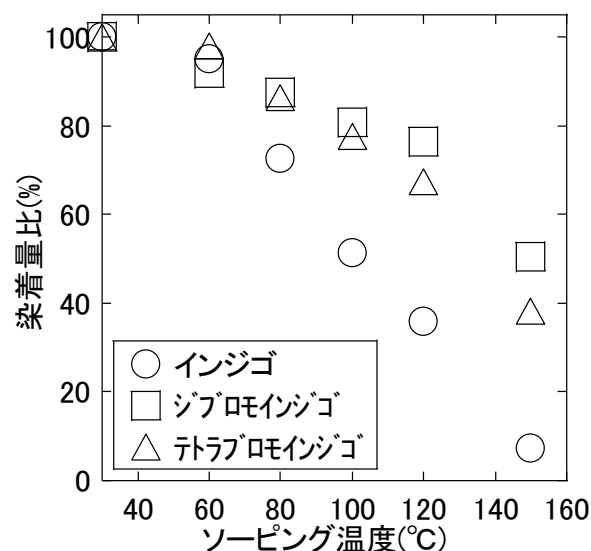


図1 各ソーピング温度における各種インジゴ染料の染着量比変化

報告されており、この染着力の差がソーピングに対する染着量低下の差となったと推察される。

図2および図3に各種インジゴ染料の各染着量における色相変化(Δa^* 値、 Δb^* 値)を示す。 a^* 値、 b^* 値は JIS Z 8781-4 において採用されている $L^*a^*b^*$ 色空間を示しており、 a^* 値は正值では赤色、負値で

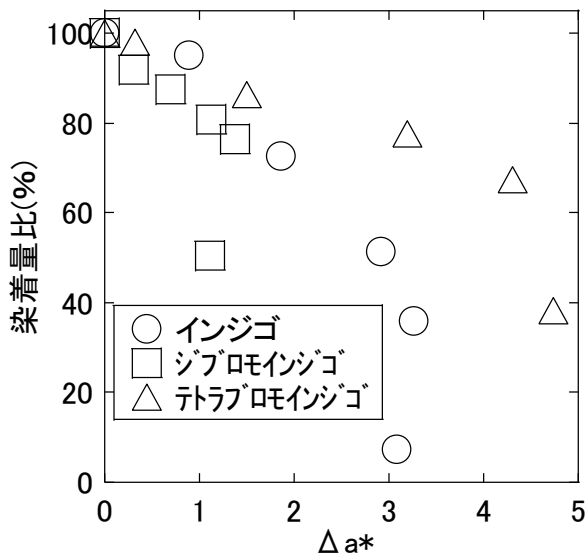


図2 各種インジゴ染料の色相変化(Δa^*)

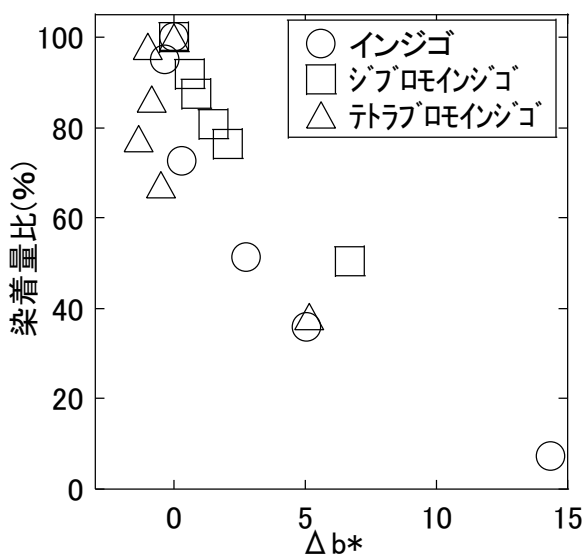


図3 各種インジゴ染料の色相変化(Δb^*)

は緑色を、 b^* 値は正值では黄色、負値では青色を表している。また Δ 値は未ソーピングとソーピング後の色相差を示し、 Δa^* 値の正值が大きいほどより赤く変化していることを意味する。同様に Δb^* 値の正值が大きいほどより黄色に変化していることを表している。

Δa^* 値を比較すると、いずれのインジゴ染料も染着量の低下とともに数値が大きくなっており、ソーピングで赤みが増すことが分かった。またテトラプロモインジゴはインジゴより赤色への色相変化量が大きいことが分かった。インジゴ染料が属している建染染料はソーピングによって繊維内部で染料が結晶化し、色相変化することが報告されている⁴⁾。インジゴも他建染染料と同様に結晶化によって色相変化したと考えら、テトラプロモインジゴはインジゴより結晶化しやすいと推察される。

一方、 Δb^* 値を比較するといずれのインジゴ染料も染着量の低下に伴って黄色に色相変化した。染着量比 40%から 50%の試料で比較すると、ジプロモインジゴはインジゴより色相変化量が大きくなることが確認された。インジゴと比較して、ジプロモインジゴは黄色にテトラプロモインジゴは赤色に色相変化することがわかった。

4 まとめ

インジゴ、ジプロモインジゴ、テトラプロモインジゴにて染色した綿布のソーピングによる色相変化について検討し、以下のことを明らかとした。

- いずれのインジゴ染料もソーピング温度の上昇に伴って染着量が低下した。特にインジゴでは高温でほとんどのインジゴが除去された。
- インジゴと比較して、ジプロモインジゴは黄色に、テトラプロモインジゴは赤色に色相変化した。

参考文献

- 1) 國藤勝士, 前田進悟: 岡山県工業技術センター報告, 31, 63 (2004).
- 2) 坂川哲雄, 広田昭治: 加工技術, 19, 660(1984).
- 3) 坂川哲雄, 渡辺弘, 広田昭治: 染色工業, 35, 199 (1988).
- 4) 中山隆幸: 加工技術, 33, 399 (1998).

清酒製造場由来の野生酵母の耐アルコール性

Alcohol Tolerance of wild yeast derived from 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 / 耐アルコール性 / 生育
KEY WORDS wild yeast / alcohol tolerance / growth

1 はじめに

清酒のアルコールは、酵母がグルコースをエタノールと炭酸ガスに変換するアルコール発酵により生産される。特に清酒は、麴菌の酵素によるデンプンの糖化と酵母によるアルコール発酵が同時に行われる並行複発酵により、蒸留酒を除く他のアルコール飲料に比べアルコール濃度が格段に高くなる。具体的には、酒母工程で優良酵母を増やした後、もろみに使用する前ではアルコール濃度は11~12%程になる^{1,2)}。さらにもろみ工程では、最大20%弱までアルコール濃度が上昇する^{3,4)}。この達成要因の1つに、長年かけて高いアルコール生成能とその濃度でも耐えることができる清酒酵母の株が選抜されてきたことが挙げられる。一般的に野生酵母の耐アルコール性は清酒酵母よりも低く、発酵が進みアルコール濃度が高くなってくると、活動が弱まりやがて清酒酵母が増え大多数となる。一方、清酒製造の各工程は開放系で行われるため、野生酵母による汚染は清酒酵母の純粋性、製造工程管理、製成酒の品質等の観点から大きな問題となる可能性も否定できない。

本報では、清酒製造工程での野生酵母混入のリスクを調査する目的で、以前協力頂いた製造場由来の試料に高いアルコール濃度でも生育することが出来る野生酵母が存在するか調べた。

2 実験方法

岡山県内の一製造場において採取し、同定済みの野生酵母から選択した代表菌株(5種、9株)を供試した(表1)。対照菌株として、清酒酵母のきょうかい701号(K701)、きょうかい901号(K901)、岡山県が保有する白桃酵母HN2株を使用した。

前培養は試験管にYPD培地(酵母エキス1%、ペプトン2%、グルコース2%)を5 mL分注し、これに1白金耳植菌した後、30°Cで2日間静置培養した。本培養はエタノール濃度を0、2、5、10、15%と濃度を変えたYPD培地10 mLを用意、これに細胞数が初発 1×10^6 個/mLとなるように前培養物を加え、30°Cで9日間静置培養した。この間、1、2、5、9日目に

表1 出現率と使用菌株

菌名	出現率	使用菌株
<i>Wickerhamomyces anomalus</i>	53%	10-9-1
		11-A-6-1
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	31%	T1
		11-A-19-2
<i>Candida famata</i>	6%	10-1-1
		10-1-2
<i>Candida guilliermondii</i>	6%	H1
		H2
<i>Candida valida</i>	3%	11-B-19-3

培養物を良く攪拌した後、サンプリングを行い分光光度計 BioSpec-mini(島津製作所)で600 nmの波長で濁度を測定し、これを酵母の生育度とした。

3 結果と考察

清酒酵母3株は、いずれも5%以下のエタノール濃度で良く生育した(図1)。2日目で生育度がほぼ最高に達し、その後はほぼ変わらなかった。エタノール濃度が10%になると生育が緩慢になり、15%では生育が抑えられた。サンプリング時の攪拌で、1、2日目で炭酸ガスである泡が5%以下では多く生じ、細胞活動が活発であることが確認できた。10%の起泡は少なく、15%では全く発生しなかった。生育が落ち着く9日目ではどの濃度でも起泡は見られなかった。

清酒酵母と同じ*Saccharomyces cerevisiae*として同定されたT1株と11-A-19-2株は、清酒酵母と同じような増殖曲線であったが、11-A-19-2株のほうが2日目で生育が良好であることが見てとれた(図2)。同じ菌種間でも株の違いで性質が若干異なっていることが確認できた。泡はどちらの株も清酒酵母と同様、5%以下で良く発生したが、10%ではほとんど起泡しなかった。

Wickerhamomyces anomalus(10-9-1株、11-A-6-1株)では、特徴として生育度は清酒酵母より大きく、特に11-A-6-1株は9日目において2%のエタノール濃度で19.7と極端に大きな値となった(図3)。この種でも株の違いで耐アルコール性に大きく差がある

ことが分かった。*S. cerevisiae*と異なり10%を超えると、ほとんど生育は見られなかった。両株とも泡は0%と2%において2日目で生じたが、5日目以降は生じなかった。また、2日目からは11-A-6-1株の培地液面にうっすらと膜が生じはじめた（産膜）。

Candida famata (10-1-1株、10-1-2株) は、全体的に他の酵母と比べ生育が非常に悪かった(図4)。0%と2%は2日目から生育度が上昇したが、5%では9日目までようやく少し上昇した。10、15%では全く生育しなかった。もう一つの特徴としては、9日間の培養期間中に生育度が一定になることはなく、上昇し続けた。さらに培養日数を重ねれば生育度は大きくなる可能性がある。なお培養期間中、両株とも泡を生じることにはなかった。

Candida guilliermondii (H1株、H2株) は*C. famata*と同じように9日間の培養期間中、0~5%では生育し続け、10%、15%では全く生育しなかった(図5)。また、起泡は両株とも見られなかった。*C. famata*よりは全体的に生育度は高く、5%では1日目から生育度の上昇が見られた。

Candida valida (11-B-19-3株) は、清酒酵母を含む*S. cerevisiae*とよく似たプロファイルであった(図6)。他の菌種に比べ、エタノール濃度による生育度の差が一番はっきりと分かれている増殖曲線であった。泡は5%以下で1日目から生じ、5日目からは起泡が落ち着いた代わりに、懸濁が困難なほど細胞が凝集した。

以上、全ての菌株を総合的に見てみると、生育度に差があるものの、10%以上のエタノール濃度になると、かなり生育が抑制されることが分かった。しかし、清酒酵母と同じ*S. cerevisiae*であるT1株と11-A-19-2株については、10%でも清酒酵母を超えるような生育が見られた。従って本研究で試験した9株の糖に対する耐性が高い結果⁵⁾と併せて考えると、例えば酵母工程で清酒酵母の数が少なくアルコール、糖がともに少ない時期に野生酵母の*S. cerevisiae*がある程度混入すれば、清酒酵母と同等もしくは多数になり、もろみ工程に移行する可能性をはらんでいることが言える。

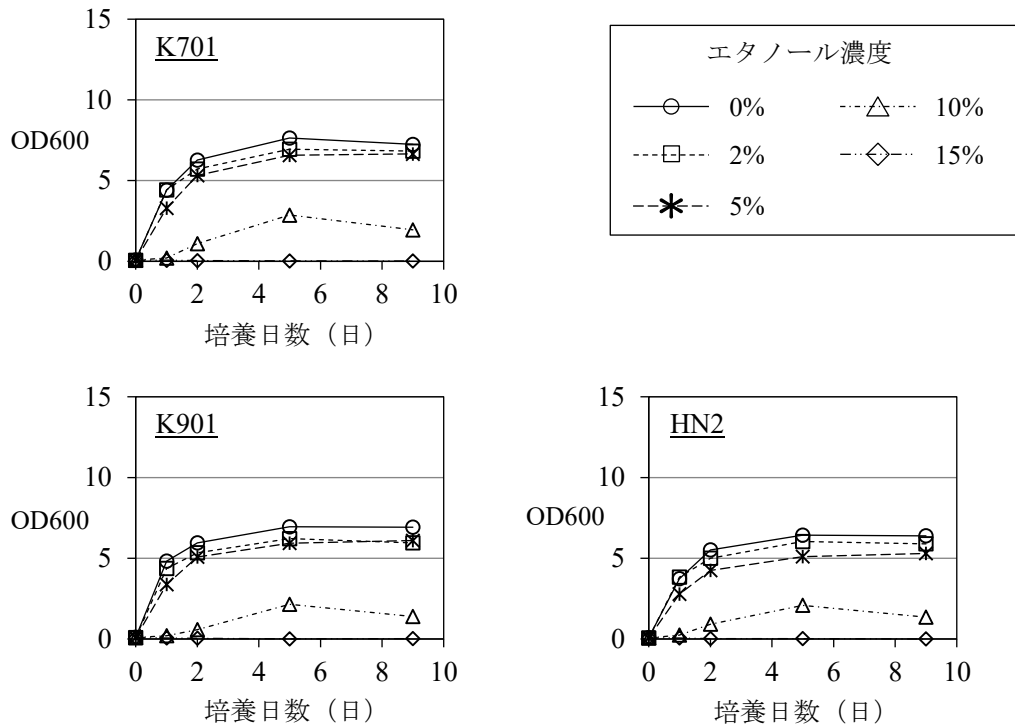


図1 清酒酵母の増殖曲線

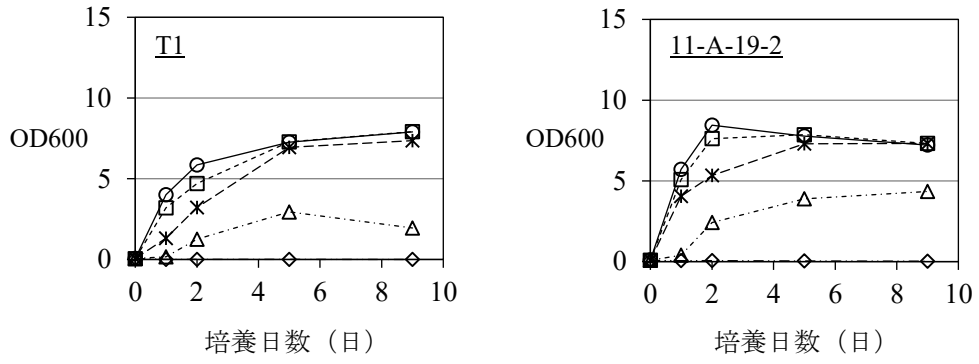


図2 *S. cerevisiae* の増殖曲線

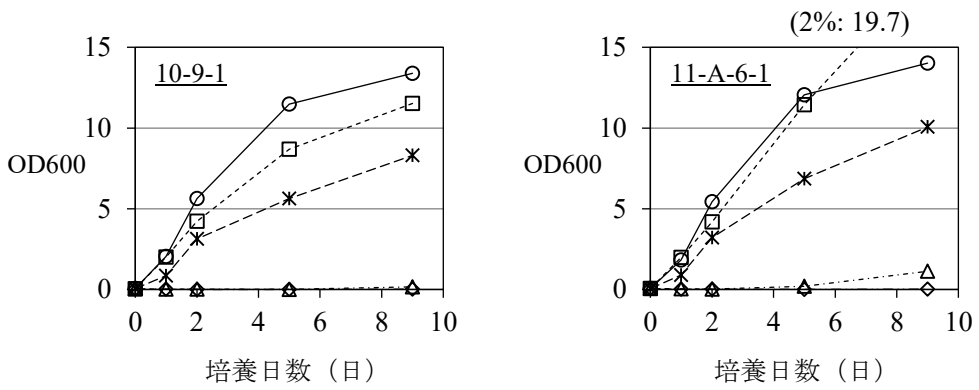


図3 *W. anomalus* の増殖曲線

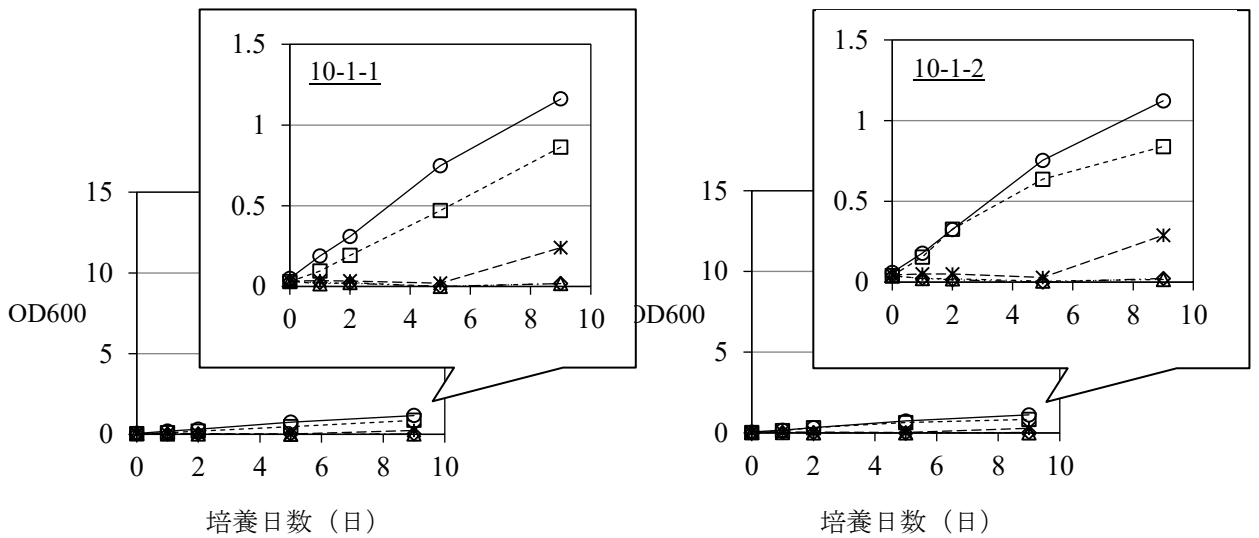


図4 *C. famata* の増殖曲線

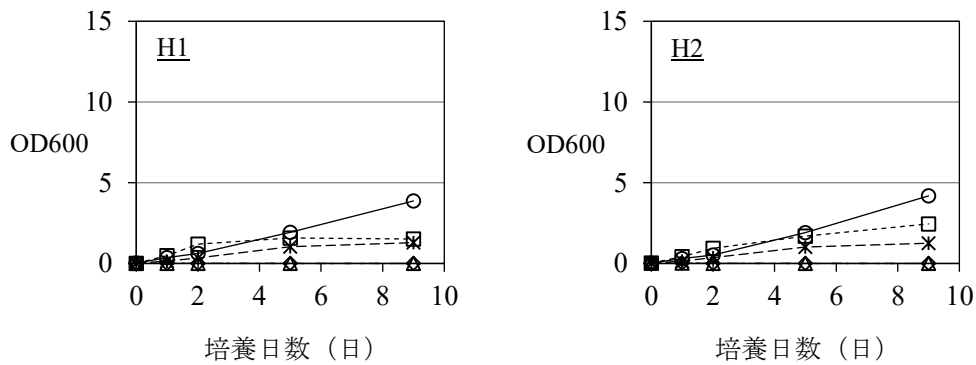


図5 *C. guilliermondii* の増殖曲線

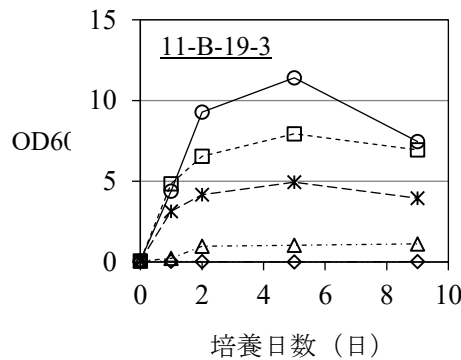


図6 *C. valida* の増殖曲線

4 まとめ

清酒製造（発酵）は開放系で行われるため、当然製造現場に存在する細菌や野生酵母はその工程中どの場面でも混入する危険性がある。そのため、これらの微生物の混入を極力少なくさせ、酒造に關与する優良微生物の種類を限定させる適切な微生物管理が必要である。従って、蔵内の微生物叢とそれらの性質の把握は、一定の目標に向かって清酒を製造するための作業基準の設定に寄与する。今回試験を実施した野生酵母は、*S. cerevisiae*を除くと清酒製造工程で想定される高いアルコール濃度に対する耐性は比較的低いものが多かった。清酒製造工程では、アルコールだけではなく酸による低

pHにより、野生酵母の増殖は抑制され、これらに強い清酒酵母が大多数となる。清酒製造における野生酵母のリスクを考える上では、アルコール耐性だけではなく、他の耐性についても調査する必要がある。

参考文献

- 1) 黒須猛行: 日本醸造協会誌, 93, 334-343
- 2) 増補改訂最新酒造講本: (財) 日本醸造協会, p130
- 3) 若林三郎: 日本醸造協会誌, 93, 498-503
- 4) 増補改訂最新酒造講本: (財) 日本醸造協会, p162
- 5) 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, 45,21-24(2019)

セルロースナノファイバー (CNF) 配合エチレン プロピレンジエンゴム (EPDM) の繊維長依存性

Fiber Length Dependence of Cellulose Nanofiber Reinforced Ethylene Propylene Diene Terpolymer

幕田 悟史・藤原 和子・浦部 匡史

Satoshi MAKUTA, Kazuko FUJIWARA, Masashi URABE

キーワード セルロースナノファイバー / 複合材料
KEY WORDS Cellulose nanofibers / Composites

1 はじめに

セルロースナノファイバー (CNF) は植物由来の繊維を数百ナノから数ナノメートル (ナノ=十億分の一) まで解繊したものであり、軽量で比表面積が大きく、また熱により膨張しにくいなどの性質を有している。近年、木質資源の有効利用やカーボンニュートラルの観点からCNFをプラスチックやゴムなどの高分子材料の補強材として活用することに注目が集まっている。

しかしながら親水性のCNFを疎水性の高分子中に均一に混合することは容易ではない。また、CNFは非常に凝集しやすく一度凝集塊を作ると再分散させることはほぼ不可能であるため、通常CNFは凝集抑制のために高含水状態で供給されている。したがって、高分子材料とCNFとの複合化においては、CNFの凝集を最小限に抑えながら乾燥脱水する技術が鍵となる。

ゴムとCNFとの複合化においては、ラテックス (水に分散した状態のゴム) とCNFスラリー (水分分散体) とを混合・乾燥することで比較的均一な混合物が得られることが報告されている¹⁾。しかしラテックスの状態で容易に入手できるのは天然ゴムなどの一部のゴム種に限られているため、たとえば耐熱性や耐候性が高いことで知られるエチレンプロピレンジエンゴム (EPDM) のような水分分散の難しいゴムのCNF補強については研究がほとんどなされていない。さらに一般的なゴムの製造工程では乾燥したゴムに粉末状の添加剤、補強材を混練することがほとんどである。したがって既存設備をそのまま利用し技術を広く普及させるためには、CNFは乾燥状態であることが望ましい。

本研究では、CNFを添加剤とともに乾燥したCNF混合物の作製を行い、EPDMとの複合化を試みた。前述の通りCNF/EPDMの複合材料は過去にほとんど前例がなくその特性も知られていない。そこで繊維長の異なるCNFと複合化し、物性に与える影響

について調査した。

2 実験方法

繊維長の異なるセルロースナノファイバー (BiNF-i-s 極短繊維 10wt%、標準繊維 10wt%、極長繊維 5wt%、スギノマシン) は文献に従って添加剤を加え脱水し、乾燥状態の混合物を得た²⁾。CNFの繊維長分布を直接測ることは困難であるが、一般的に重合度が大きいセルロースは繊維長も長い。メーカーによる重合度の代表値はそれぞれ200 (極長繊維)、650 (標準繊維)、800 (極長繊維) である。ゴム (EPDM) と得られたCNF混合物 (CNF分1、2、4、または8 phr) を、6インチオープンロール (関西ロール) を用いて混練した。ここで、「phr」とはゴム100 gに対して何gの添加剤を配合するかを表す単位である。続けて架橋剤 (パークミルD、日油) 1 phrを添加し、165 °Cで所定時間プレスすることで厚さ2 mmのゴムシートを得た。プレス時間は加硫度試験機 (キュラストメーター7、JSRトレーディング) で加硫曲線を測定し、90%加硫度を与える時間 (t_{90}) により決定した。作製した複合材の引張力学特性は万能材料試験機 (オートグラフAG-Xplus

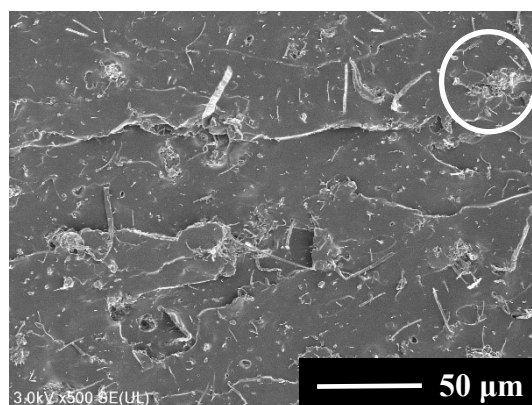


図 1: 極長繊維 CNF を 8 phr 添加した EPDM の破断面電子顕微鏡像

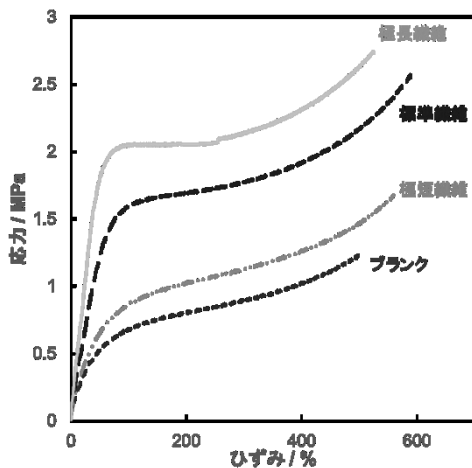


図 2 : CNF (8 phr) /EPDM 複合材および CNF 無添加 EPDM の引張応力ひずみ曲線

100kN、島津製作所) で評価した。試験法は JIS K6251:2010 に準じ、引張速度は 500 mm/min とした。サンプルの形状にはダンベル状 3 号形試験片を採用し、また標線間距離をビデオ伸び計で計測したものを伸びとした。電子顕微鏡観察 (SU8220、日立ハイテクノロジー) は、サンプルを白金コーティングし、3 kV で二次電子像を観察した。

3 結果と考察

得られたゴムシートでは、いずれの繊維長においても目視で確認できるほどの凝集塊は認められなかった。また CNF を添加しないブランクの EPDM シートは無色透明であったのに対し、複合化のゴムは半透明な白色を呈した。より詳細な CNF の分散状態を確認するため電子顕微鏡観察を行った。図 1 に極長繊維複合ゴムの引張試験破断面の二次電子像を示す。明るく繊維状に見えるのが CNF であり、ゴムの全面にわたって CNF が分散している状態が観察された。また画像右上に白丸で示す部分に代表されるように CNF が集まった直径 10 マイクロメートルほどの凝集塊が散見された。

複合材料の力学特性は応力ひずみ曲線 (図 2) より評価した。複合化したゴムは CNF を添加しないブランクと比較してモジュラス (あるひずみにおける応力) が向上しており、CNF の繊維が長いほどより大きな補強効果を示すことが明らかとなった。これは CNF でプラスチックや他種ゴムを補強した場合と同様の傾向である³⁾⁴⁾。ひずみが数十%付近で曲線が大きく変曲しているが、これは CNF とゴムマトリックスとの間で界面剥離が起こっていると推測されている⁴⁾。

次に CNF の添加量による物性の変化を調査した。今回用いた系では CNF 以外の成分量が同一となるように配合を調整し各ゴムシートを作製した。図 3

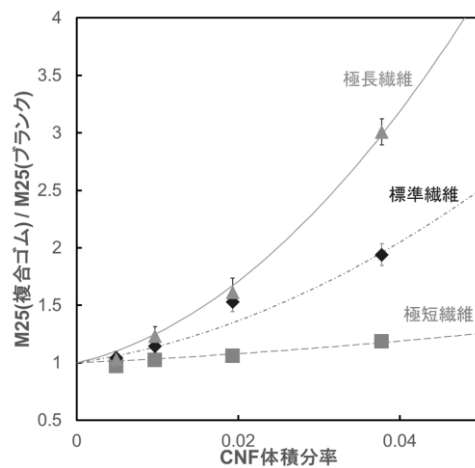


図 3 : 各繊維長 CNF/EPDM のブランク EPDM に対する 25% 伸張モジュラス (M25) の比と CNF の体積分率の関係

には各繊維長の CNF 体積分率と 25% 伸張モジュラス (M25) との関係を示す。CNF 体積分率が増加するとモジュラスが増加する傾向が確認された。ロッド状フィラーの補強率はそのアスペクト比に依存することが知られている⁵⁾。すなわちアスペクト比が大きいフィラーほど補強効果大きい。図 3 で繊維長に着目すると、これと同様の傾向が見られ繊維が長い CNF ほど添加量あたりの補強効果大きいことが明らかとなった。この知見は CNF の補強メカニズムを詳細に解析する際に有用になると期待される。

4 まとめ

セルロースナノファイバー (CNF) とエチレンプロピレンジエンゴム (EPDM) の複合材料を作製しその物性を評価した。CNF の脱水混合物を使用することでゴム用汎用加工設備での複合化を可能にした。10 マイクロメートル以下の凝集は見られるが CNF は EPDM 全体に分散した。繊維が長いほど補強効果大きいことが確認された。

参考文献

- 1) P. M. Visakh, S. Thomas, K. Oksman, A. P. Mathew : BioResources, 7, 2156 (2012)
- 2) 延原博, 山本泰弘, 西勝志, 浦部匡史 : 特許 5656086 (2015)
- 3) 矢野浩之 : 第 250 回生存圏シンポジウム要旨集, 1(2014)
- 4) 長谷朝博 : 日本ゴム協会誌, 90, 30 (2016)
- 5) Guth. E. : J. Appl. Phys., 16, 20 (1945)

ICP プラズマ支援スパッタリング法による DLC 成膜中の CH₄ ガス質量分析

Mass analysis of CH₄ gas during DLC coating by ICP plasma assisted sputtering method

國次 真輔

Shinsuke KUNITSUGU

キーワード ダイヤモンドライクカーボン / ICP-LIA / 四重極型質量分析 / メタン

KEY WORDS DLC / ICP-LIA / Mass analysis / CH₄

1 はじめに

DLC (ダイヤモンドライクカーボン) 膜は、低摩擦、耐摩耗性や生体適合性などの表面特性に優れており、輸送機器部品や生体材料へ適用されつつある。我々はさらなる用途拡大を目的として、樹脂基材上への水素化DLC (a-C:H) 膜の形成を目指し、低インダクタンスアンテナ (LIA) を用いたICPプラズマ源により支援されたスパッタリング法によるDLC成膜を検討した。その結果、樹脂基材上へ100°C以下の低温で、基板にバイアス電圧を印加させることなく水素を含有したDLC膜の形成に成功した¹⁾。さらに、導電性材料への高硬度水素化DLC膜の創製を目指し、高電力のパルス化したスパッタ電源 (HiPIMS) とそれに同期した基板パルスバイアス電圧を印可したハイブリッドプラズマによる成膜を行なった結果、より高硬度を有する水素化DLC膜の成膜に成功した²⁾。また、これらの成膜メカニズムの解明を目的として、ハイブリッドプラズマ中での電子温度・電子密度などのプラズマパラメータに関する知見を得てきた³⁾。

一般にCH₄を原料としたDLC成膜における反応過程は複雑で十分理解されていない⁴⁾。本研究では、ハイブリッドプラズマ成膜において、原料ガスであるCH₄がICPプラズマによってどのような化学種を経て水素化DLC成膜に至るのか明らかにするために、ICPプラズマ発生中にチャンバー内のガスを質量分析することで考察したので報告する。

2 実験方法

実験に用いた小型DLC成膜装置 (エイコー製) の概要図を図1に示す。装置左側にICP-LIA電極、右側に6インチカーボンターゲット (明浄金属製: 純度99.9%) を設置したスパッタリングカソード電極を備えている。ICP-LIA電極とスパッタカソードには、それぞれRF電極と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。DLCは、基板を中央のホルダに設置し、回転させながら左右のICPおよびスパッタプラズマを同時に発生させることでDLC成膜が可能となる¹⁾。本研究では、ICP-LIAによるCH₄の化学変

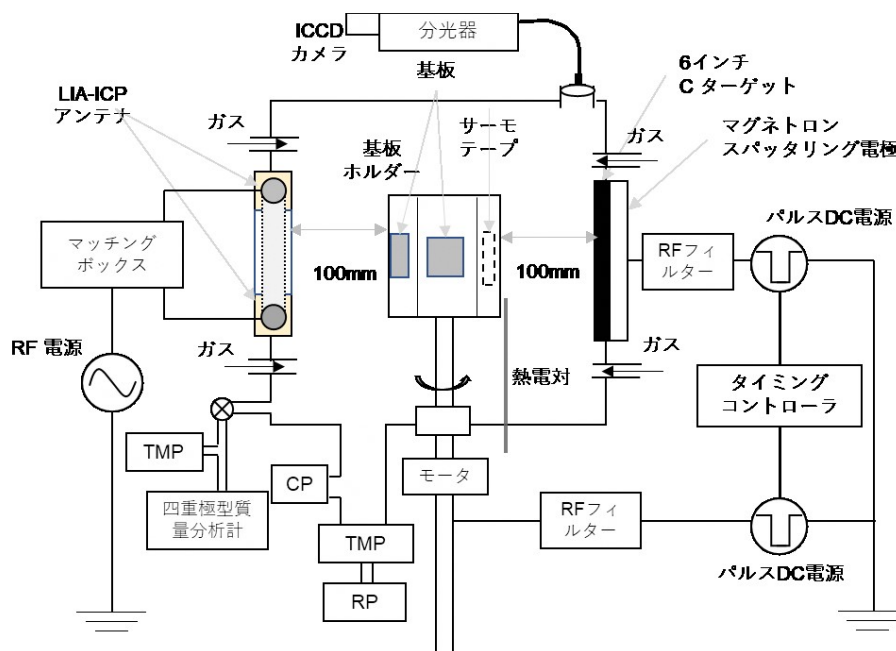


図1 小型 DLC 成膜装置の概要

化を把握するために、まずチャンバー内をクライオポンプにより 10^{-5} Pa台まで真空排気し、高純度Arガス（純度99.999%）およびCH₄ガス（純度99.9%）を導入し、チャンバー内の圧力が0.25 Pa一定下で、それぞれの流量計によりCH₄/Ar比を変化させた。チャンバー内のガスの質量分析には、差動排気システムを有した四重極型質量分析計（キャノンアネルバ製M-101GA-CDMY）を用いた。差動排気圧力は 1.6×10^{-4} Paと一定とし、測定前には、チャンバーから分析計の間の配管をベーキングした。

四重極型質量分析計の測定原理から、分析計に導入されたガスは分析計に導入された直後にイオン化されるため、炭化水素は分解したフラグメントイオンとして検出される。すなわち検出されたイオンがプラズマ中またはチャンバー内に存在する訳ではない。そこで、まずICP-LIAプラズマを発生させる前に、圧力一定下でCH₄/Arの混合比を変化させながら、検出器でイオン電流を質量電荷比 $m/z = 0 \sim 60$ の領域において測定することでCH₄フラグメントを検証した。その後、ICP-LIAプラズマを発生させて、CH₄/Ar比に対するイオン電流変化を比較することで、CH₄の存在状態の変化を考察した。

3 結果と考察

図2にCH₄/Ar混合ガス中におけるICPプラズマの有無によるチャンバー内に存在するガスの質量分析結果を示す。 $m/z = 1 \sim 44$ の範囲において、CH₄/Ar比を0, 10, 20, 30, 40, 50%と変化させた結果を示している。まず、(a) ICP プラズマOFF時

のArのみの場合、チャンバーは導入したAr⁺に続いて、 $m/z = 18$ のH₂O⁺が存在していることが確認できる。これは反応性スパッタプロセスにおいてH₂Oの存在を無視できないことを意味する。CH₄の導入とともに $m/z = 16$ (CH₄⁺)および $m/z = 12 \sim 15$ のC⁺, CH⁺, CH₂⁺, CH₃⁺の各イオンが検出された。これは分析計のイオン化源によりイオン化されたCH₄のフラグメントイオンとなる。これに対し、ICP-LIAに1 kWのRF出力を印加しプラズマを発生させると（図2 (b)）、 $m/z = 12 \sim 16$ に示されるCH₄⁺とCH₄のフラグメントイオンが減少するとともに、 $m/z = 2$ のH₂⁺が急激に増加することが示された。したがって、ICPプラズマによってCH₄が分解されたため減少し、さらにプラズマ中で発生した水素ラジカルが結合し、チャンバー内に拡散した水素分子が検出器に到達したと考えられる。ここでCH₄/Ar=0%の時ですえH₂⁺がICP-OFF時より増加しているのは、チャンバー内のH₂Oや残存有機物の影響が考えられるが詳細は不明である。またICP-ON時はOFF時と比較して、新たに $m/z = 24 \sim 27$ のC₂⁺, C₂H⁺, C₂H₂⁺, C₂H₃⁺と、さらに高級な炭化水素イオンである $m/z = 38 \sim 41$ のC₃H₂⁺, C₃H₃⁺, C₃H₄⁺, C₃H₅⁺のイオン電流が増加しており、CH₄/Ar比の増加とともにいずれも増加する傾向を示した。これらはそれぞれC₂H₄およびC₃H₆のフラグメントイオンと考えられ、これらのような化学種もICPプラズマによって生成したと考えられる。以上のことから、ICPプラズマはCH₄を分解しH₂を発生させ、さらに生じたCH₃やCH₂などのイオンやラジカルが反応することで、より高級な炭化水素が生成すると

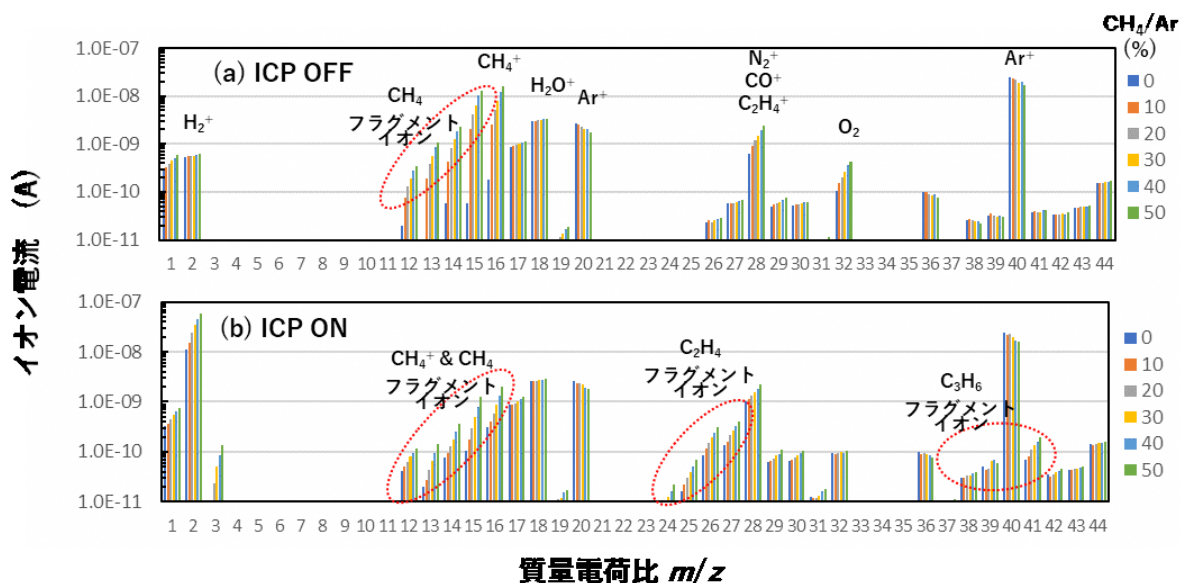


図2 CH₄/Ar混合ガス中におけるICPプラズマの有無によるチャンバー内に存在するガスの質量分析結果 (a) ICPプラズマOFF, (b) ICPプラズマON: RF 1kW

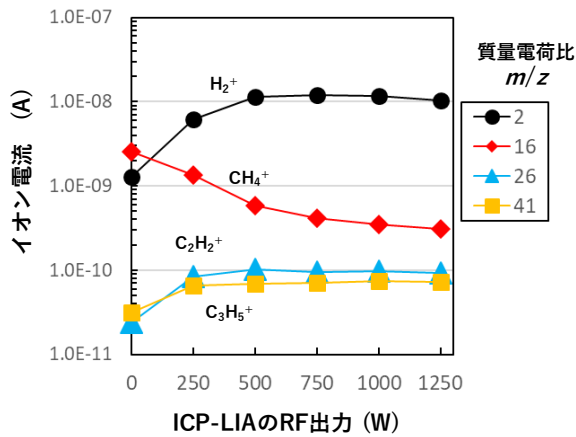


図 3 ICP-LIA プラズマ発生中のチャンパー内ガス ($m/z=2,16,26,41$) の ICP-LIA の RF 出力依存性

推測される。

図3にDLC成膜条件となるCH₄/Ar比が10%におけるチャンパー内ガスのICP-RF出力変化を示す。RF出力の増加とともに、 $m/z=16$ のCH₄⁺は徐々に減少するのに対し、 $m/z=2$ のH₂⁺は500 Wで増加したがその後は一定となった。これまでの知見りから、RF=500 W以上でゼロ基板バイアス電圧による水素化DLC成膜が可能となっていることから、このようなCH₄の分解により生じた水素や種々の炭化水素のイオンやラジカルが、スパッタリングにより堆積した炭素膜上に吸着、堆積することでDLC膜の水素化に寄与していると考えられる。

4 まとめ

ICPプラズマ支援スパッタリング法によるDLC成膜プロセスにおいて、四重極質量分析計を用いたプラズマ発生中のチャンパー内のガスの質量分析を行った結果、CH₄ガスはICPプラズマによって水素ラジカルや炭化水素イオンに分解されるだけでなく、より高級な炭化水素種を生成しており、これらが水素化DLC膜の生成に寄与していると推察される。

参考文献

- 1) 國次真輔, 中西亮太, 岡山県工業技術センター報告, 43 (2017).
- 2) 國次真輔, 岡山県工業技術センター報告, 44 (2018).
- 3) S. Kunitsugu, R. Nakanishi and T. Nakatani, Proceedings of Plasma Conference 2017 (PLASMA2017) (2017).
- 4) M. Shinohara and H. Fujiyama, J. Plasma Fusion Res. Vol.83, No.12 (2007) 935-941.

短時間フーリエ解析を利用した加工現象の見える化と

炭素工具鋼加工時の工具摩耗との関連

Visualization of Cutting Phenomenon Using with STFT and Relationship of its Result and Tool-Wear for Carbon Tool Steel

余田裕之・西田典秀¹・亀山寛司²

Hiroyuki YODEN, Norihide NISHIDA and Kanji KAMEYAMA

キーワード 難削材 / 炭素工具鋼 / 見える化 / 短時間フーリエ解析

KEY WORDS Difficult-to-cut Material / Carbon Tool Steel / Visualization / Short-Time Fourier Transform

1 はじめに

難削材は航空・宇宙、医療、エネルギー分野において、その用途が大きく拡大している。しかし、企業が独自に加工技術を習得するには、コストなどが大きな障害となっている。そこで岡山県では、将来的にこれらの産業分野への参入を視野に入れ、加工技術の高度化を目指す企業を中心として研究会を設立している。その一環として、岡山県工業技術センター・岡山県産業振興財団・中国職業能力開発大学校が中心となり、加工技術の高度化と人材育成の支援機関として、インコネル、チタン合金、ステンレス鋼、ハステロイ、高硬度金型材などをテーマとし、「難削材加工技術スキルアップ研修」などを通じて継続的に活動を行ってきた。

一般に、工具の摩耗状態は加工精度や加工面粗さに大きく影響を与える要因の1つである¹⁾。特に、難削材の切削加工では、工具交換の指標として、この摩耗状態を正確に把握し管理することが必要である。一方で、現在多くの場合、加工時間が一定値に達した時点で、寿命と判断して工具の交換を行う、時間管理でなされている。しかし、これでは工具が寿命に達していない場合でも交換を行うため、工具が無駄になり、加工コストの増加につながっている。さらに、突発的なトラブルへの対応が難しいといった問題も存在する。そこで近年、工具摩耗をリアルタイムに管理する状態監視保全という考え方が注目されてきている。この管理の1つとして、本報告では、短時間フーリエ解析 (STFT: Short-Time Fourier Transform) を利用して、工具へかかる力(主分力)、工具摩耗、加工面粗さの観点から加工現象を見える化する手法について提案を行う^{2),3)}。

さらに本手法を用いて、前述のスキルアップ研修でテーマとした難削材のうち、金型材でもある、炭素工具鋼(SK105)の切削実験を行った。SK105は炭素を1%程度含んだ鉄鋼材料であり、高硬度材であることから加工性が悪く、工具摩耗が促進されることが広く知られている。本報告では、加工

条件(工具コーティングの有無)を変化させて現象を比較し、本手法の有用性を示す。

2 実験方法

工具へかかる力(主分力)の解析では、従来、平均値やその信号の振れ量などに着目することが多い。難削材では加工現象が複雑なため、この手法では現象の把握が困難である。そこで、本報告では、STFTを利用した。これは、音声分析などの分野で広く利用されている解析手法である。図1にSTFTの概略を示す。元の信号をごく短時間で抽出しフーリエ変換する。ここで時間を横軸、周波数を縦軸とし、得られたスペクトルの強度を色で表現すると、スペクトログラムというグラフが得られる。これを用いて、工具摩耗の進行に伴う、加工力の信号がもつ時間的な周波数の変化を詳細に検討した。

図2に加工実験の様子、表1に加工条件を示す。NC旋盤(滝澤鉄工所, TAC-510)の工具台に切削動力計(Kistler, 9129AA)を設置し、SK105をドライ側面切削し、加工力を測定した。工具はノンコートとコーティング工具の2種類を用い、その加工現象を比較した。加工後に、レーザ共焦点顕微鏡(オリンパス, LEXT-4000)を用いて、工具摩耗の観察および計測を行った。また、被削材の加工面粗さは走査型白色干渉計(zygo, newview 5032)を用いて、各加工距離での粗さを測定した。さらに超精密表面粗さ計(Taylorhobson, PGI 1240)を用いて、被削材全体(150 mm)の粗さを測定した。なお、後者の粗さ結果が持つ空間周波数の変化は、加工力と同様にSTFT解析を行い、工具摩耗の進行に伴う変化を確認した。

3 結果と考察

図3にノンコートとコーティング工具の場合の主分力とSTFTの結果および加工距離での工具先端の顕微鏡像を示す。ノンコートの場合、主分力は加工距離の増加に伴って増大し、85 mmで3 kHz付近に特徴的なピークが検出されることが確認できた。また、1~2 kHzの比較的幅の広いピークも徐々にパワーが増加していることが分かる。さらに、工具摩耗を顕微鏡観察したところ、ノンコートでは10 mm

¹ 岡山県産業振興財団, ² 中国職業能力開発大学校

の段階ですでに約100 μm の逃げ面摩耗が観察でき、75 mm までは摩耗量は190 μm であったが、150 mm では300 μm まで摩耗していることが確認できた。一般的に逃げ面摩耗量は200 μm に達した時点が寿命とされていることから75 mm付近が工具寿命であると考えられる。以上の結果から、加工力のSTFT結果から工具寿命の正確な判断・管理が可能となった。

一方、コーティング工具の場合は、主分力の解析結果から、ノンコートと同じ1~2 kHzや5 kHzなどにピークが確認できる。しかし、そのパワーは小さく、さらに一定であることから、安定した加工であることが分かる。また、工具摩耗についても、工具観察や形状解析のどちらでも、最後まで明確に確認できない程、小さいものであった。

図4に加工距離と加工面粗さRzの関係を示す。加工条件から理論粗さはおよそ19.5 μm であり、コーティング工具では、加工距離150 mmまでは理想的な加工であったことが確認できた。一方、ノンコート工具では加工初期はコーティング工具の場合に近い粗さを示すものの、工具摩耗の進行に伴って粗さが減少傾向を示している。これは、工具摩耗による加工点の後退によるものと考えられる。しかし、80 mm付近で急激に増加し、以後は一定値となった。

図5に超精密表面粗さ計で測定した粗さ曲線と、解析したSTFT結果を示す。粗さ曲線は被削材全域(150 mm)、加工初期(加工開始から1秒後、6.3 mmの付近)、加工終盤(開始から24秒後、約144 mmの付近)を示している。コーティング工具は加工全域にわたって粗さ曲線が均一であった。また、曲線の山の部分(直径)がほぼ同じ高さであり、高い加工精度を維持していることもわかる。またさらに、STFTは空間周波数4 mm^{-1} に明確なピークが存在し、そのパワーも均一である。この4 mm^{-1} は、工具送り速度(0.25 mm/rev.)の逆数であり、それ以外の周波数はその倍波である。以上の結果から、全域にわたって工具形状が精度良く転写されていることが確認できた。

一方、ノンコート工具の場合は、加工全体では初期では振幅が大きく、徐々に減少し80 mm付近からは一定値となった。このことから形状精度が悪化

していることが確認できる。また、加工初期と終盤では粗さ曲線が大きく異なり、工具のR形状がほとんど判別できなくなっている。このことは、空間周波数の解析結果からも確認できる。つまり4 mm^{-1} に存在するピークのパワーが徐々に減少し、その倍波の方へパワーがシフトしている。特に加工開始点から80~85 mm以降はその傾向が強くなっている。これは工具摩耗によって、工具先端Rが微細に損傷し、それが被削材に転写されたためである。

以上の結果から、加工開始点から80~85 mm付近が工具寿命と確認することができた。また、工具が寿命となった際に、加工力の周波数解析と粗さの結果に密接に結びついて現れたものと考えられる。したがってSTFTを利用して、加工力やその周波数解析結果をモニタリングすることによって、工具寿命の正確な管理が可能となった。

4 まとめ

本報告では、難削材の複雑な加工現象を見える化し、工具摩耗の状態を管理する手法の1つとして、短時間フーリエ解析 (STFT : Short-Time Fourier Transform)による手法を提案した。本手法の有用性を確認するため、加工条件(工具のコーティングの有無)を変化させて、SK105の切削実験を行った。工具へかかる力(主分力)、工具摩耗、加工面粗さの結果から、ノンコートの工具において、工具摩耗の増加に伴い、主分力の周波数解析で特徴的な信号(ピーク)が検出できることが確認できた。今後は、本手法を利用して工具寿命の予測や加工条件の最適化、工具の切削性評価や被削材の加工性評価に向けた研究を継続する予定である。

参考文献

- 1) 狩野勝吉：「難削材・新素材の切削加工ハンドブック」, 工業調査会(2002).
- 2) 余田 他：「チタン合金の切削加工現象の評価に関する研究」, 2019年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp. 634-635 (2019).
- 3) 余田 他：「難削材の切削加工における金属組織と工具摩耗に関する研究」, 日本機械学会 中国四国支部 第57期講演会 講演論文集 SS52 (2019).

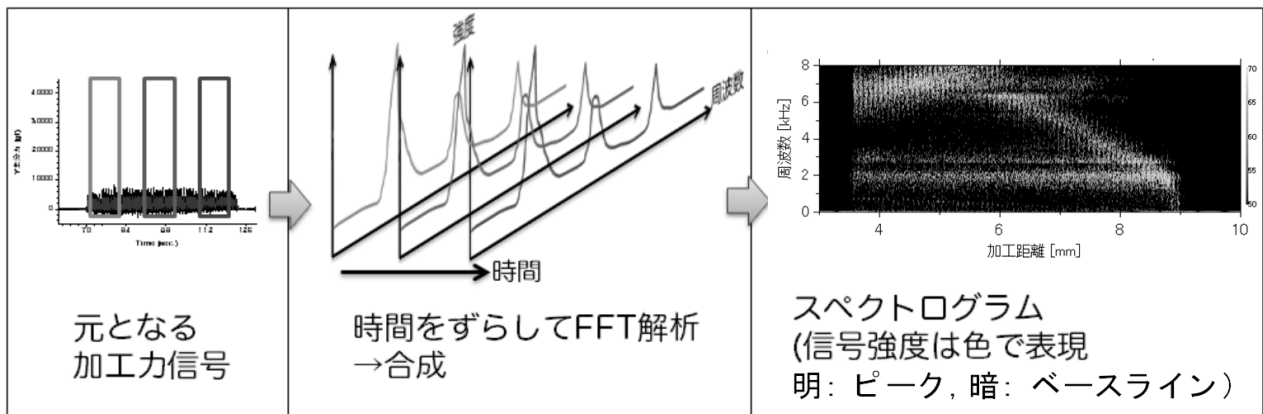


図1 STFT(Short-Time Fourier Transform)の概略

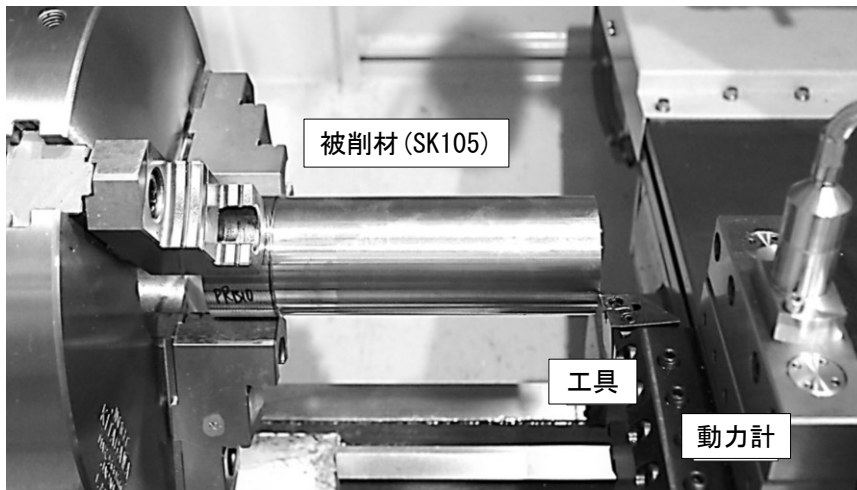


図2 NC旋盤上での加工実験の様子

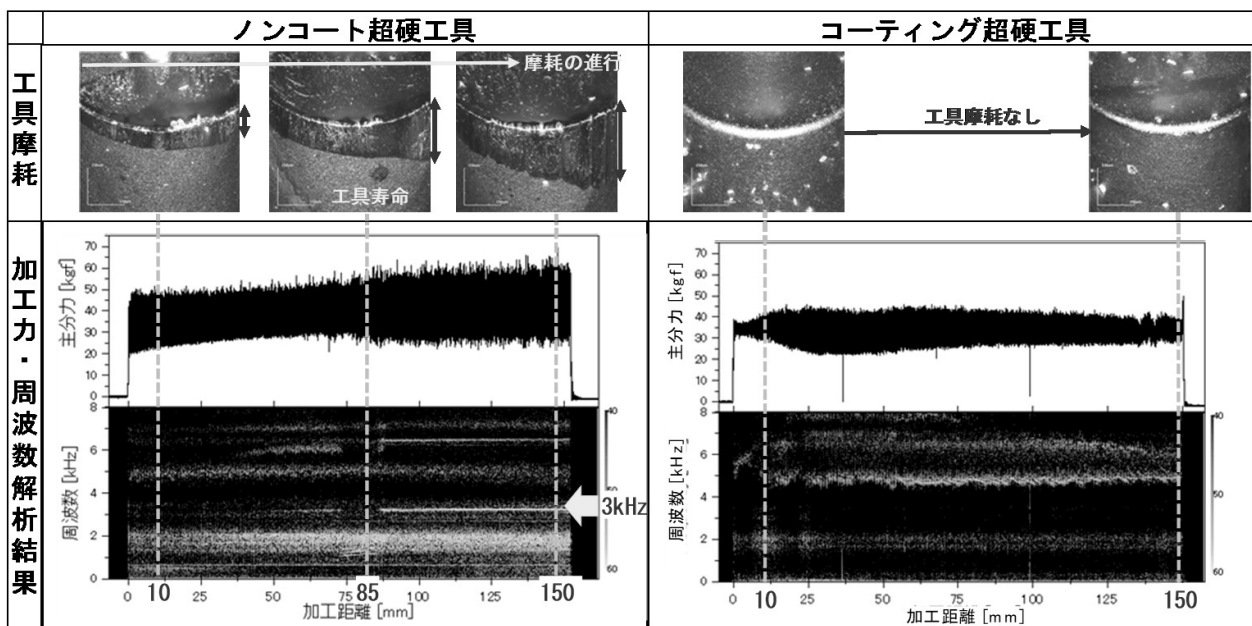


図3 工具コーティングの有無による工具摩耗および、加工力とその周波数解析結果の比較

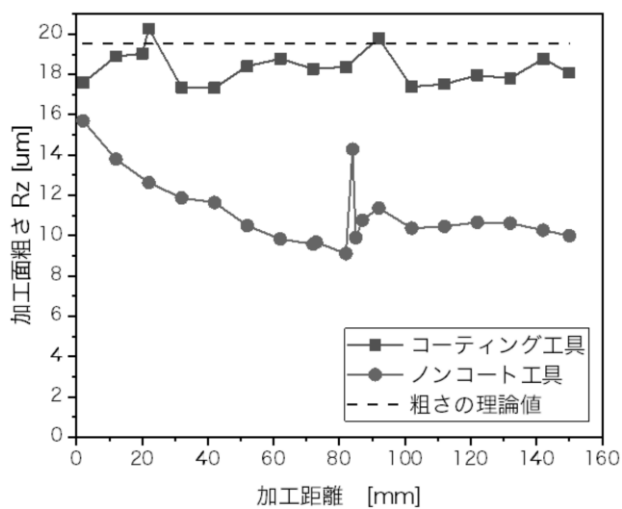


図4 加工面粗さの比較結果

表1 切削加工条件

被削材	SK105 (φ60×200 mm)
切削工具	ノンコート超硬工具 (SW05), コーティング超硬工具 (PR1310)
切削速度	270 m/min.
主軸回転数	1500 rpm.
送り速度	0.25 mm/rev.
切込み量	0.5 mm
切削方向	側面切削

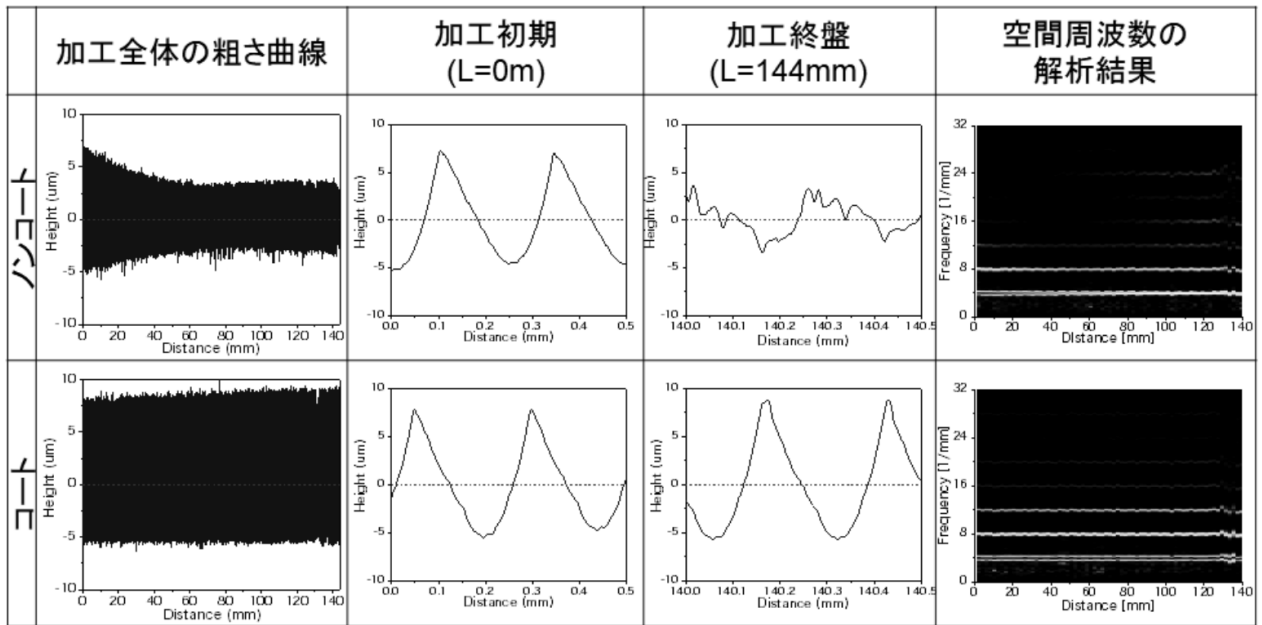


図5 工具コーティングの有無による粗さ(全体, 加工初期, 終盤)および空間周波数解析結果の比較

電磁界解析を用いた圧粉磁心の基礎的研究

Basic study on soft magnetic composite using electromagnetic field analysis

勝田 智宣, 渡辺哲史, 高橋郁文*

Tomonori KATSUTA, Tetsushi WATANABE, Ikunori TAKAHASHI

キーワード 電磁界解析 / 圧粉磁心 / 電流密度 / 磁気飽和

KEY WORDS Electromagnetic field analysis / Soft magnetic composite / Current density / Magnetic saturation

1 はじめに

モータやトランスの鉄心として使用される軟磁性材料には、電磁鋼板や磁性粉末がある。薄い電磁鋼板を積み重ねて作られる鉄心に対して、100 μm 程度の磁性粉末を少量のバインダによって固めて作られるものは、圧粉磁心と呼ばれる。この圧粉磁心は、電磁鋼板で作られた鉄心より渦電流損が低いのが特長であるが、従来、低かった磁束密度は向上している¹⁾。一方、この圧粉磁心の製作に際し、使用する金型の表面性状・形状の転写性、作製条件等の違いが製品へ与える影響を述べた研究はほとんどない。

そこで、これらについて研究を行うが、その前段として、電磁界解析を使用して、製作する圧粉磁心、回路の仕様を決定する検討を行った。

2 実験方法

鉄心の電磁気的な特性評価には、リングコアと呼ばれるリング状の鉄心にコイルを巻回したものを対象に、実験を行うのが一般的である²⁾。そのため、本研究においてもこの方法を用いる。

はじめに、コイルを巻回するための市販品のボビンに対して、フィットするような圧粉磁心を設計する。この圧粉磁心は、コの字状で二つを合わせることによって、ロの字になるように、つまりリング状になるようにした。これによって、ボビンに一度だけコイルを巻回しておけば、製作条件等を変更した数種類の圧粉磁心があったとしても、コイルを巻回したボビンの両側から挟むように圧粉磁心を設置するだけでよく、何度もコイルを巻回しなくてすむことになる。

次に、電磁界解析を用いて、コイルに電流を流したときに圧粉磁心に発生する磁束密度を確認しながら、最適な圧粉磁心形状、コイルの巻数等を含む回路の仕様を決定する。電磁界解析では、磁束密度の強弱を確認することができるが、現実的にはその磁束密度を簡単に数値化できない。その

ため、発生した磁界によって流れる電流を測定する。

最後に、これら仕様に基づき、圧粉磁心、回路の製作を行い、できあがったものに対して評価を行う。本報告では、研究の進捗の都合上、電磁界解析が完了したところまでとする。

3 結果と考察

はじめに、圧粉磁心と回路の大きな関係性を掴むための検討を行った。図1は、この初期検討のための電磁界解析モデルで、使用する回路の抵抗を変化させたときの圧粉磁心に発生する磁束密度を示す。この圧粉磁心の外形の大きさは、幅19 mm、高さ17 mm、厚み(奥行)10 mmであるが、モデル自体は、対称性を加味して厚み方向は、1/2の5 mmとなっている。この圧粉磁心に巻回するコイルの線径は $\phi 1$ mmとし、スペース的な観点から巻数74ターン(磁界発生用コイル1は72ターン、磁界測定用コイル2は2ターン)となった。

次に、図2は、磁界発生用回路の構成である。図のように、電源V1は交流電圧100 V、周波数60 Hz

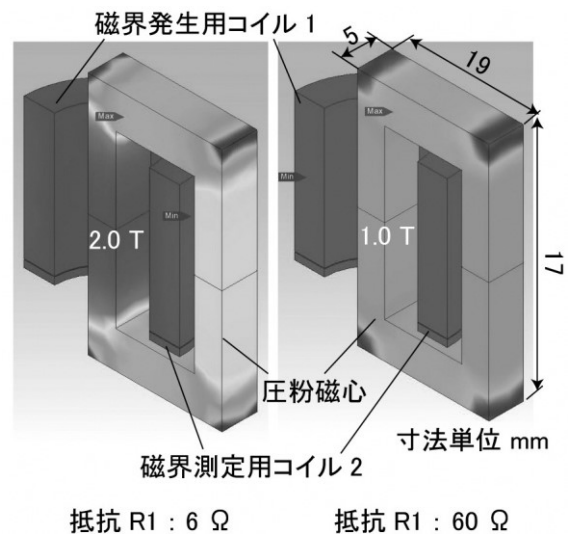


図1 初期検討の形状における磁束密度

* ゼノー・テック株式会社

として、抵抗R1を6 Ωと60 Ωに変更して、圧粉磁心に発生する磁束密度を確認した。ここで、電磁界解析で回路に流れる電流を確認したところ、抵抗R1が6 Ωの場合、16.7 Arms、抵抗R1が60 Ωの場合、1.6 Armsになることがわかった。また、抵抗R1が大きくなると、流れる電流は小さくなったが、これはオームの法則の通りである。

図1から明らかなように、抵抗が小さい6 Ωの方が、流れる電流が大きいため、圧粉磁心のコイル巻回部に大きな磁束密度が発生していることがわかる。ここで、この圧粉磁心に使用する磁性粉末は、かけた磁界に対して、1.1 T程度までは線形的に磁束密度が増加することがわかっているが、電磁気的な特性を詳細に評価するためには、鉄心の磁気飽和が発生する非線形の領域まで現象を確認する必要がある。抵抗6 Ωの場合、2 T程度の磁束密度が発生しており、電磁気的な特性評価にはよい。しかしながら、コイルに流れる電流が大きすぎて、その電流密度は、21.2 Arms/mm²であり、コイルの定格値5 Arms/mm²を大きく上回るため、実機ではコイルが焼き切れる可能性がある。一方、抵抗60 Ωの場合、電流密度は2.1 Arms/mm²であり、実機上では問題ないが、発生する磁束密度が1 T程度で小さく、線形領域に留まっている。

以上の初期検討から、今より大きな磁束を発生させるために、多くのコイルを巻回し、かつ、そのスペース確保のために、圧粉磁心の幅を大きく変更する必要があることがわかった。

図3は、圧粉磁心や金型の生産設計を加味して、角RやC面取りを追加して、コイルを多数巻回し、圧粉磁心の幅も拡大した、最終形状の圧粉磁心に

おける磁束密度を示す。この圧粉磁心の外形の大きさは、幅33 mm、高さ17 mm、厚み(奥行)10 mmである。初期検討と同様に、解析するモデルの厚み方向は、1/2の5 mmとなっている。磁界発生用回路は、前述の通り、コイル1のターン数を増やしているが、この数値については、試作の重要な数値となるため、ここで明示することは控える。図3から明らかなように、コイル巻回部の圧粉磁心の磁束密度は、1.6 T程度になっており、十分に非線形の領域に達している。この際の、回路に流れる電流は、4.4 Armsで、電流密度5.6 Arms/mm²となり、定格電流密度を約10%上回っている。実機では、コイルの温度を測定しながら焼き切れないように注意して、このまま使用することにする。今後のこの解析内容に基づき、実機評価を行うべく圧粉磁心の金型や回路を製作していく。

4 まとめ

電磁界解析を活用して、コイルの定格電流密度を大きく越えない状態で、発生する磁束密度が非線形の領域に達する、圧粉磁心と回路の仕様を決定できた。今後、実機評価を行うための圧粉磁心用の金型、回路を製作していく。

参考文献

- 1) 和嶋潔、丸川泰弘、石原千生、中井英雄、下垣好文、平成 26 年電気学会産業部門大会講演論文集 (2016) III p.53-58
- 2) 槌田雄二、吉野直之、佐藤尊、榎木正人、森祐司、山崎一正、日本 AEM 学会誌 Vol. 26, No.1 (2018)

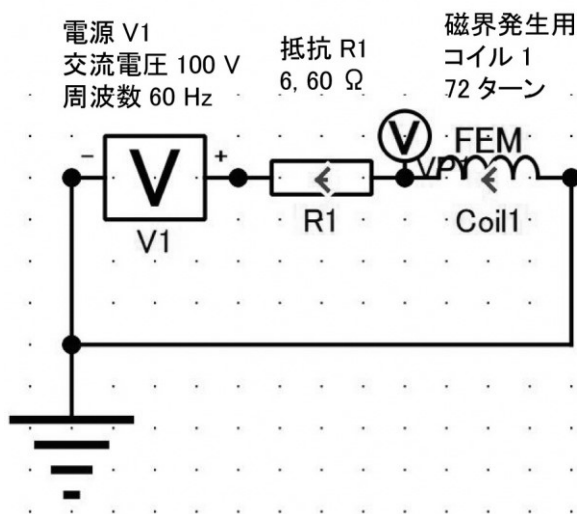


図2 磁界発生用回路

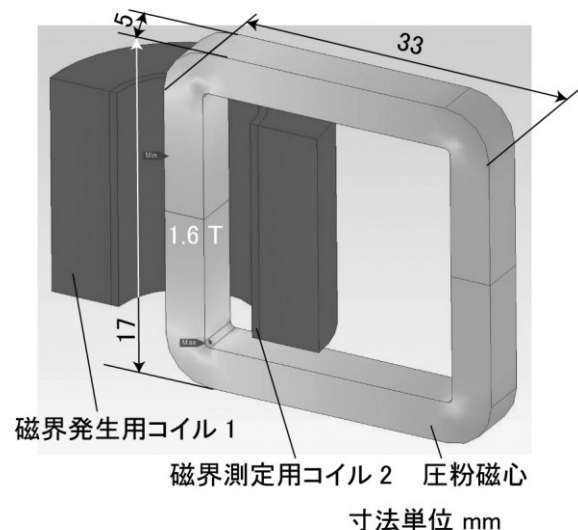


図3 最終版における磁束密度

アルミニウム合金への電解砥粒研磨後の表面構造に及ぼす 研磨条件の影響

Effect of Electrolytic Abrasive Polishing Conditions on Surface Microstructure of Aluminum alloy

築山 訓明, 辻 善夫, 渡邊 哲史

Kuniaki TSUKIYAMA, 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

機械や構造物の破壊事故における原因は、繰返し使用されることにより生じる疲労破壊や応力腐食割れなどが大部分を占める。一方、使用条件の過酷化や軽量化の要求はますます増大しつつあり、所定の使用期間を全うさせるには、正確な疲労設計を行う必要がある。そのためには、より信頼性の高い試験データを収集する必要がある。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、軸対称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。疲労試験では、介在物などの材料内部の欠陥に加え、表面粗さや残留応力など、表面状態もS-N(Stress-Number of cycles)曲線の形状に影響する。特に、加工時に試験片に導入される凹凸の除去が不十分な場合、それが応力集中源になるため、効率のかつ十分に除去することが必要である。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、表面構造に及ぼす研磨条件の影響を調査した結果を述べる。

2 実験方法

基板にはA5052の丸棒(φ30 mm)を使用した。丸棒を厚さ3 mmに切断することで円板状試料を作製し、片面(上面)のみ旋盤加工を行った(以下、旋盤加工面と表記)。旋盤加工面に対し電解砥粒研磨(以下、電解砥粒研磨面と表記)を行った。電解砥粒研磨では、基板およびカーボン板を、それぞれ陽極および陰極とし、電解液には硝酸ナトリウム水溶液(20 mass%)を用いた。電解条件は、電解電圧を3、4、5 V、電解時間を10 min、工具の押付け力を3 N、回転速度を400、600、800 rpmとした。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。

旋盤加工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ー顕微鏡観察(OLYMPUS製 OLS4000)ならびに表面形状測定を行った。表面形状測定について、ここでの目的は、電解砥粒研磨時の電解条件を変えた際の、各条件で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)により得られるパワー成分によ

る評価を行った。解析条件は、サンプリング数 1024、窓関数は hanning を使用した。

3 結果と考察

3.1 電解電圧の影響

図1に(a)旋盤加工面ならびに(b) 3 V、(c) 4 Vおよび(d) 5 Vで電解砥粒研磨を施した基板表面のレーザー顕微鏡写真を示す。その他の研磨条件は工具回転速400 rpmである。(b)では(a)で確認された多数の傷が除去されている様子が確認でき、エッチピットの形成はあまり確認できなかった。一方、(c)および(d)では、エッチピット(図中黒点)の形成が確認できた。電解砥粒研磨は、陽極電解による化学的な反応により、研磨面表層に電解生成物を形成し、それを物理的に擦過除去することで均一平滑化が進行する。すなわち、化学的な反応速度と物理的な擦過除去速度のバランスを保つことが重要であると考えられる。(c)および(d)では、化学的な反応が優位に作用したため、エッチピットが形成されたと考えられる。

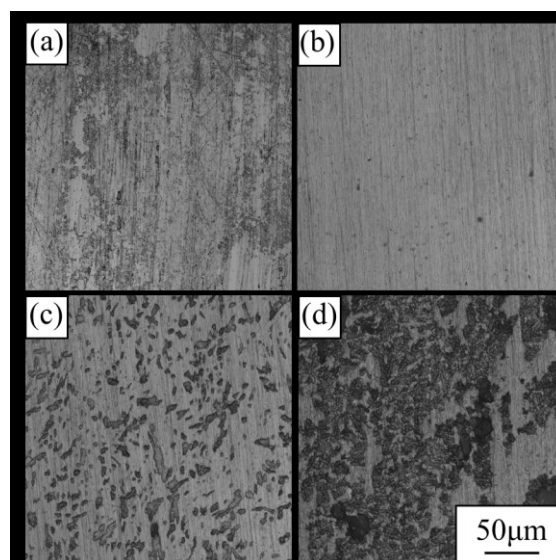


図 1 電解砥粒研磨後の基板表面のレーザー顕微鏡像; (a) 旋盤加工面、(b) 3 V、(c) 4 V、(d) 5 V

3.2 工具回転速度の影響

図2に(a)旋盤加工面ならびに工具回転速度(b) 400 rpm、(c) 600 rpmおよび(d) 800 rpmにて電解砥粒研磨を行った基板表面のレーザ顕微鏡写真を示す。その他の研磨条件は電解電圧3 Vである。目視による観察では、工具回転速度を大きくすることで、旋盤加工面で見られたツールマークが除去される様子が確認できた。一方、レーザ顕微鏡による観察では、工具回転速度を変化させた際に得られる表面組織に大きな差はみられなかったため、表面形状ならびにFFTパワーでの比較を行った。

図3は旋盤加工面および各種研磨条件により得られた(a)表面形状プロファイルおよび(b)パワースペクトルである。(a)表面形状について、旋盤加工面ではツールマークに起因する大きなうねりが確認できる。一方、電解砥粒研磨後については、それが除去され平滑化が進行している様子がわかる。しかし、回転速度600 rpmと比較すると、400 rpmは上に凸、800 rpmは下に凸になっている。次に(b)FFT解析の結果について、電解砥粒研磨後に得られる表面では、波長32 μm より短い波長域では、FFTパワーに大きな差はみられなかった。一方、それより長い波長域、とくに128 μm を超える波長域では、600 rpmと比較し、400および800 rpmのFFTパワーが大きくなっていった。これは前者では研磨不足、後者では研磨過多に依るものと考えられる。このことから工具回転速度は研磨速度への寄与度が大きく、回転速度が大きすぎるとうねり導入の原因となると予想される。

4 まとめ

A5052を基板に用い、旋盤加工面に対し電解電圧、工具回転速度を変化させた電解砥粒研磨を行い、表面状態を調査した結果以下の結言を得た。

1. エッチピットは電解電圧が大きいほど形成しやすくなる。これを抑制するには、電解による化学的反応と工具擦過による機械研磨速度のバランスを保つ必要がある。
2. 旋盤加工面で見られるツールマークを除去するには、工具回転速度を大きくすることが有効である。ただし、回転速度が大きすぎるとうねりが導入されてしまうため注意しなければならない。

本研究の一部は、岡山県産業廃棄物処理税より助成を受けて実施した。

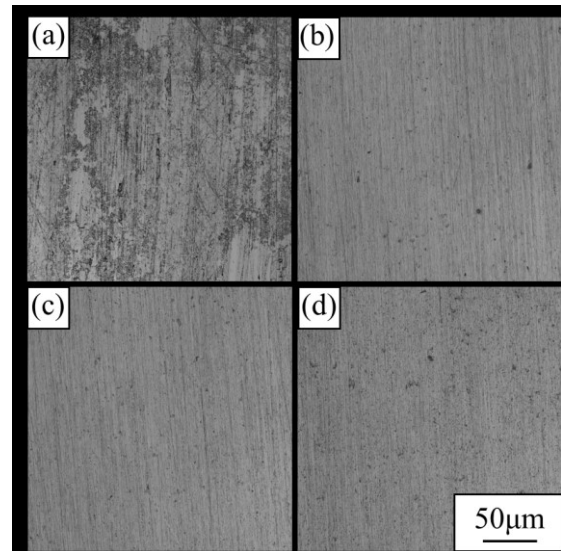


図 2 電解砥粒研磨後の基板表面のレーザ顕微鏡像; (a) 旋盤加工面、(b) 400 rpm、(c) 600 rpm、(d) 800 rpm

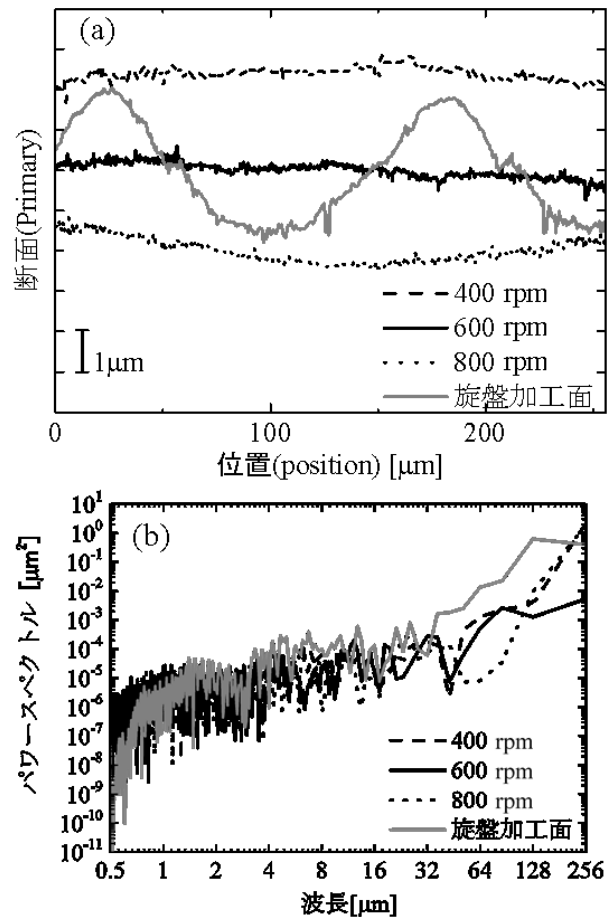


図 3 電解砥粒研磨後の(a)表面形状および(b)FFT パワースペクトル。

大気圧プラズマ処理による水接触角の変化

Change of contact angle of water after atmospheric plasma process

松岡 大樹, 水戸岡 豊

Hiroki MATSUOKA, Yutaka MITOOKA

キーワード 大気圧プラズマ処理 / 水接触角 / 親水化 / 表面粗さ

KEY WORDS Atmospheric Plasma Process / Contact angle of water / Hydrophilizing / Surface roughness

1 はじめに

樹脂同士や樹脂と金属などの異種材料間での接着は、軽量化や意匠製の付加など産業分野で需要の大きな技術である。しかし、材料の組み合わせによって接着が困難な場合があり、前処理が必要となっている¹⁾。

近年、新しい接着前処理として、大気圧プラズマ処理 (Atmospheric Plasma Process : APP) に注目が集まっている。APPは、常温常圧下で行われ、プラズマも比較的低温であるため、材料へのダメージを抑えられるという利点がある²⁾。

本研究では、APPによる効果の一つである材料表面の濡れ性変化³⁾に着目した。複数の樹脂材料および金属材料にAPPを行い、水接触角の変化を測定した。また、処理した材料の表面粗さを測定し、APPによる材料表面への影響を調査した後に、樹脂材料の濡れ性向上の要因を検討した。

2 実験方法

樹脂材料には、ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP) および66ナイロン (N66) を使用した。また、金属材料はアルミニウム (A1050 : 以下Al)、ステンレス (SUS304 : 以下SUS) および銅 (無酸素銅 : 以下Cu) を使用した。試料サイズは20 mm×50 mmの短冊状とし、全ての試料をエタノールにて脱脂した。

図1に新たに製作したAPP装置の概観を示す。ロボシリンダの先端に取り付けたステージ上に試料を設置し、ステージを動かすことで試料全体にプラズマ照射する。ステージは100 mmのストローク

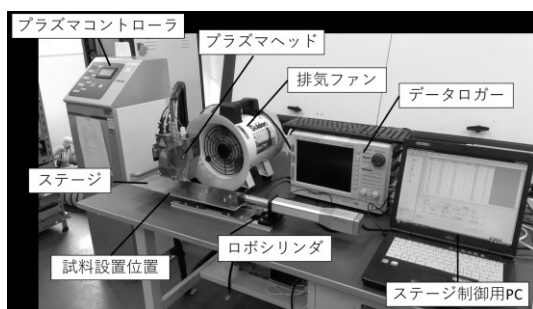


図1 大気圧プラズマ処理装置概観

を持ち、0.05から250.00 mm/sの、広い速度範囲で動作させることが可能である。

APP装置は大気圧プラズマユニット(株式会社FUJI製 Tough Plasma FPE-20)を使用した。本装置は、プラズマヘッドとコントローラが分離されているため、プラズマヘッドを手動昇降ステージに固定した。

APP条件は、樹脂材料および金属材料ともに、ヘッド先端から試料表面までの距離を10 mmで固定し、ステージ速度1.0、2.5、10.0、25.0、100.0、250.0 mm/sで処理を1回行った。

水接触角の測定には接触角試験機 (協和界面科学社製 DropMaster500) を使用し、15 μ lの蒸留水を滴下後、3秒後の接触角を測定した。測定点数は3点とした。APPによる試料へのダメージを確認するため、走査型白色干渉計 (Zygo社製 Newview5032-2) を使用して、接触角の変化が大きいPPとAlについてプラズマ照射前後の表面粗さを測定した。また、PPについて、フーリエ変換赤外線分光光度計 (FT-IR、パーキンエルマージャパン製 Spectrum 400) により、IRスペクトル測定を行った。

3 実験結果

図2に樹脂材料の水接触角変化を示す。横軸は、照射時間 (照射速度の逆数) とした。各材料の水接触角について、未処理の場合と1.0 s/mmで処理した場合を比較すると、PPは92.0 degから20.2 deg、PEは83.9 degから23.2 deg、N66は57.3 degから21.1 degとなった。これらの結果からAPP強度に応じて水接触角が低下し、濡れ性が向上することが確認された。

図3に金属材料の水接触角変化を示す。未処理と1.0 s/mmで処理後の水接触角を比較すると、Alは96.3 degから16.2 deg、SUSは40.9 degから4.4 degとなった。一方でCuは79.5 degから39.4 degとなり、処理後の水接触角は他の金属と比較して大きかった。いずれの材料においても、水接触角が低下し、濡れ性が向上することが確認された。

図4にPPおよびAlの表面粗さ測定結果を示す。未処理と1.0 s/mmで処理後の表面粗さSaを比較する

と、PP、Alともに変化は少なく、材料表面の形状が変わるほど大きなダメージは受けていないことが確認された。

図5にFT-IRで測定した、PPの水酸基(3300 cm^{-1})ピーク高さとAPP強度の関係を示す。未処理の状態では検出していなかった水酸基のピークが、照射時間の増加にともなって大きくなることを確認できた。

4 まとめ

APPの効果を調べるため、それぞれ3種類の樹脂材料、金属材料に対して処理を行い、水接触角および表面粗さを測定した。実験の結果、樹脂材料、金属材料のいずれもAPPの強度に応じて水接触角が低下することが確認された。また、水接触角が最も小さくなる条件でも、表面粗さが変化しておらず、材料へのダメージを抑えながら、材料表面の濡れ性を改善できることがわかった。さらに、FT-IRの結果からPP表面に水酸基が確認され、これが濡れ性の向上に寄与していると考えられる。

金属の濡れ性向上は、プラズマ処理により試料表面のコンタミ（有機物）が除去された⁴⁾ことにより起こったと考えられる。

以上のことから、異種材料の接着性能を改善する、APPによる材料の濡れ性向上効果を確認することが出来た。APPによる前処理により、複合材料やセンサといった異種材料を組み合わせた製品のへの応用が期待できる。

今後もAPPの効果を確認するため、試料表面の化学状態に着目して検討を行う予定である。

謝辞

大気圧プラズマ処理装置をご提供いただいた丸文株式会社様に謝意を表します。

参考文献

- 1) 小川敏夫：“プラスチックの表面処理と接着”，共立出版 (2016).
- 2) 沖野晃俊：“大気圧プラズマの技術とプロセス開発 《普及版》”，シーエムシー出版 (2017).
- 3) 小林弘明，片岡泰弘：あいち産業科学技術融合センター 研究報告 2016，24 (2016).
- 4) 中西亮太，松岡大樹，水戸岡豊：第14回 日本接着学会関西支部 若手の会講演要旨集，21 (2018).

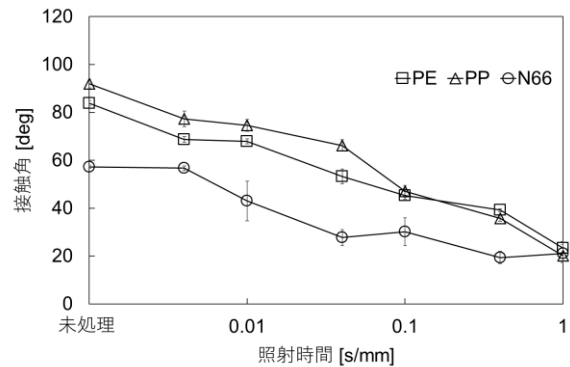


図2 樹脂材料の水接触角変化

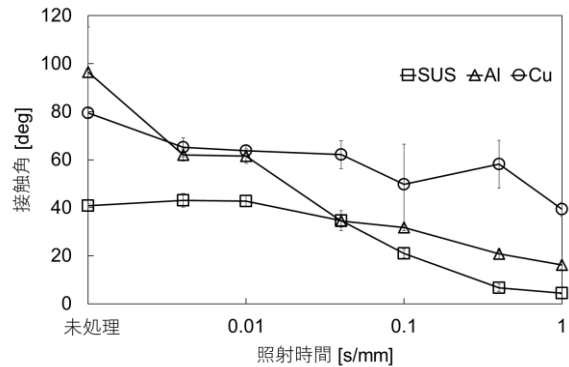


図3 金属材料の水接触角変化

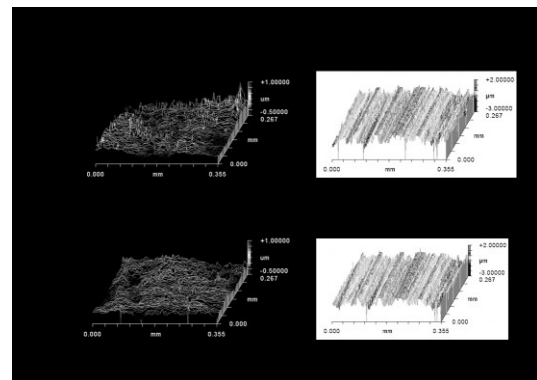


図4 表面粗さの測定結果

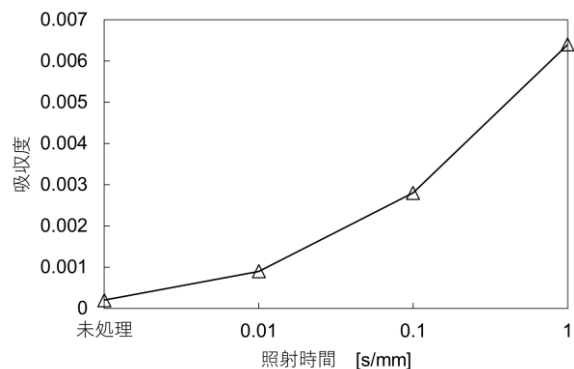


図5 PPの水酸基(3300 cm^{-1})ピーク高さと照射時間の関係

全結合層階層化畳み込みニューラルネットワークの クラス判別器の併合

Merging class discriminators in convolutional neural networks with hierarchical fully connected layers

平田 大貴・高橋 規一¹

Daiki HIRATA and 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

近年、ディープラーニングが大きな注目を集めており、世界中で盛んにディープラーニングに関する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、データ生成、未来予測など様々な分野に応用することができ、サポートベクターマシン(SVM)¹⁾などの従来の機械学習手法に比べて優れた判別精度を示す傾向にある。しかしながら、その内部パラメータ数の多さから学習・判別処理に長い時間がかかることやメモリ消費量が膨大になるのが欠点である。

本研究では、画像認識や映像認識などに利用されるディープラーニングモデルの一つである畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network; CNN)²⁾の全結合層を階層化することで全結合層のパラメータ数を削減し、それによって判別処理時間とメモリ使用量を削減することを目的としている。ここでの階層化とは、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。前報では、畳み込みニューラルネットワークの全結合層を一層目から分岐させて階層化することによって、従来モデルより判別処理時間が削減されることを示した^{3,4)}。本報告では、前報で用いたモデルを既報モデルとし、既報モデルをベースとして、各階層に構築される複数の判別器を一つに併合したモデルを新たに提案する。この提案モデルの利点は、既報モデルで大量にクラス判別器が必要なデータの処理において、メモリの消費を抑えられることである。本報告では、この提案モデルの有効性を示すため、判別精度とメモリ使用量について検討を行った。

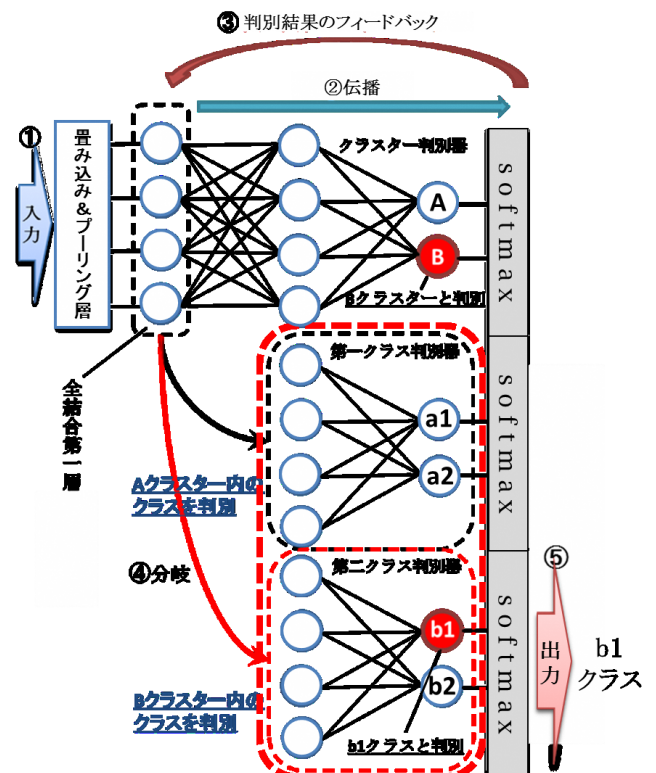


図1 既報モデル^{3,4)}

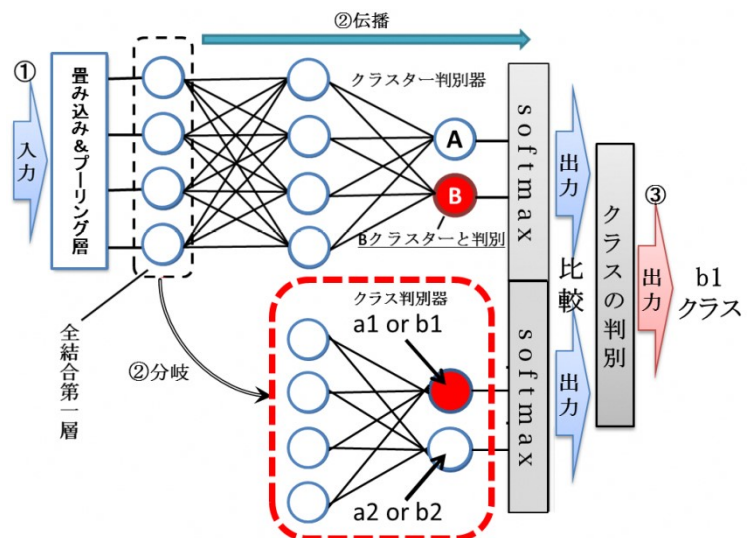


図2 提案モデル
(判別器併合モデル)

¹ 岡山大学大学院 自然科学研究科

2 提案モデルの構造と判別処理の手順

図1に既報モデル、図2に提案モデルの概略を示す。図1と図2は共にBクラスターに属するクラスb1を判別している図である。図2では、図1のすべての判別器を階層毎に重ね合わせるように併合して、一つにまとめている。そのため、図2のクラス判別器は、入力されたデータがクラスa1またはb1、もしくは、クラスa2またはb2であるというクラスの候補を絞る形での出力を行う。併合前の各判別器の出力ノード数が異なる場合、併合後の出力ノード数は、階層毎の併合前の判別器の出力ノード数の最大値とする。

提案モデルでは、データを入力し、全結合層第一層で情報を分岐させ、クラスター判別器とクラス判別器に同時に入力する。さらに、クラスター判別器とクラス判別器で処理を行い、出力を比較することでクラスの判別を行う。ここで、図1より、Bクラスターにはb1とb2クラスが属している。図2においてクラスター判別器でB、クラス判別器でクラスa1またはb1という結果が出力された場合、双方の出力に共通に含まれているクラスから、入力データの判別結果はb1クラスであると断定することができる。このようにして、提案モデルでは、クラスター判別器とクラス判別器の双方の出力結果を比較することで、入力データのクラスを判別可能である。

具体的なデータ判別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、全結合第一層の内部表現を保存する
- ②・全結合第一層の情報をクラスター判別器で判別する
 - ・全結合層第一層の情報をクラス判別器で判別する
- ③クラスター判別器とクラス判別器の判別結果から該当するクラスを断定して出力する

提案モデルのクラスター判別器の出力ノードは、クラスターリングで特徴の類似しているもの同士をまとめている。そのため、既報モデルのクラス判別器を重ね合わせて提案モデルを構築することは、特徴の類似していないクラス同士を一つにまとめることに等しい。次章では、提案モデルの判別精度の計測結果を示し、提案モデルでもクラス判別が可能な理由について考察を述べる。

3 結果と考察

この提案モデルは、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、クラスターリングを1回適用して階層数を2にした二階層の提案モデル(図2)を構築し、学習と判別精度の計

表1 精度計測に用いた提案モデル構造

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 ⁵⁾

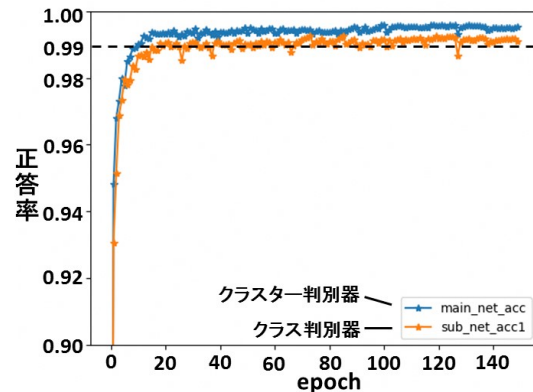


図3 提案モデルのテストデータ判別精度

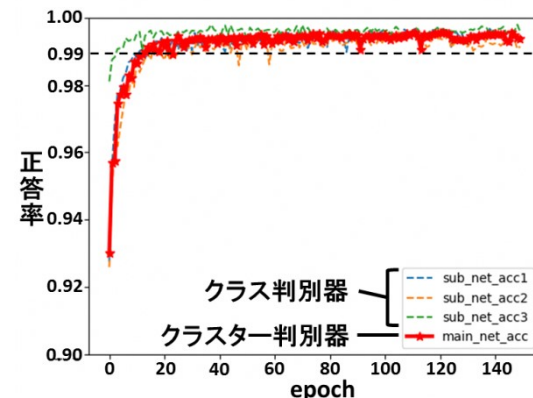


図4 既報モデルのテストデータ判別精度

測を行った。学習・判別には、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。提案モデルの構造は表1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、 α は学習量を調整するための学習率、 β_1 , β_2 はモーメント推定のための指数関数的減衰、 ϵ はゼロ除算を防ぐための小さな正の数である。

提案モデルのテストデータの判別精度を図3に示す。また、同条件で既報モデルを構築し、判別精度の計測を行った。その結果を図4に示す。太い曲線がクラスター判別器、それ以外の破線がクラス判別器のものである。結果として、提案モデルと既報モデル共にテストデータのクラス判別精度は99%程度となった。また、図3および図4のクラス

判別器の判別精度を比較すると、判別器を併合しても判別精度はほぼ同等であることがわかった。この理由は、一つにまとめたクラス同士の特徴空間上での距離自体が離れていても、空間が多次元であることにより、クラスを分離するための境界が上手く学習できているためであると考えられる。このことから、ニューラルネットワークは単一のネットワークで、特徴の類似していない複数のクラスをまとめて判別できることがわかった。

また、本報告のMNISTデータセットの学習・判別では、既報モデルの3つのクラス判別器を併合している。そのため、提案モデルは、既報モデルに比べ、クラス判別器のメモリ使用量を約1/3に削減できている。さらに、提案モデルは、既報モデルでクラス判別器が数十個以上必要になるようなクラス数が非常に多いデータの判別でも、一つのクラス判別器のみで判別処理を行える可能性がある。そのため、既報モデルと比較して、メモリの使用量を大幅に削減することが期待できる。

4 まとめ

既報モデルの各階層の判別器を一つに併合したモデルを提案した。また、判別器を併合しても併合前と比較してほぼ同等の判別精度が維持されることを確認した。また、提案モデルはGPUを使って並列計算を行うことで、既報モデルより処理時間が短縮される可能性がある。今後の課題として、クラス判別器の一つのノードでまとめて判別するクラス数を更に増やした場合の判別精度の計測、MNIST以外のデータセットを用いた判別精度の計測、既報モデルと提案モデルの判別処理時間の比較を行う予定である。

参考文献

- 1) C. Cortes and V. Vapnik: Support-Vector Networks, Machine Learning, Vol.20, No.3, pp.273-297 (1995).
- 2) Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio and P. Haffner: Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition, Proc. of the IEEE, Vol.86, No.11, pp.2278-2324 (1998).
- 3) 平田大貴, 高橋規一: 岡山県工業技術センター報告, 第44号, 10(2018)
- 4) 平田大貴, 高橋規一 “畳み込みニューラルネットワークの階層的判別器構築によるパラメータ数の削減” 電子情報通信学会 2019年総合大会講演論文集, D-2-8, 2019
- 5) D.P. Kingma and J. Ba: Adam: A Method for Stochastic Optimization, Proceedings of International Conference on Learning Representations (2015)

水中構造物用実験モーダル解析システムの開発

Development of Experimental Modal Analysis System for Underwater Structure

辻 善夫・眞田 明・岩田 和大・櫻井 貴哉¹・井上 俊之¹

Yoshio TSUJI, Akira SANADA, Kazuhiro IWATA, Takaya SAKURAI and Toshiyuki INOUE

キーワード 実験モーダル解析/水中構造物/衝撃加振

KEY WORDS Experimental Modal Analysis /Underwater Structure / Impact Excitation

1 はじめに

有限要素法ソフトによる理論モーダル解析および、試作した構造物を加振して振動特性を計測する実験モーダル解析によって、自動車、航空機をはじめとする機械構造物の低振動化、小型軽量化が行われている。

しかしながら、船舶部品や水力マニピュレータ等の水中構造物の実験モーダル解析¹⁾を行うには、加振力を与えるために一般的に用いるインパルスハンマやモーダル加振機および加速度を計測するセンサに防水対策が求められる。そのため、水中構造物の実験モーダル解析の実施は困難とされており、レーザーアブレーションによって構造物を加振し、レーザードップラー振動計を用いて応答点の加速度を計測する非接触振動実験法²⁾が研究されている。

本研究では防水型力センサを製作するとともに、加速度ピックアップ(以後、ピックアップと記す)に簡易的な防水対策を施すことにより、水中構造物の実験モーダル解析システムを開発した。以下にその内容を報告する。

2 実験システム

図1に製作した防水型力センサを示す。アルミ角棒を起歪部とし、その両側面に防水型箔ひずみゲージ(共和電業製 KFWS-2N-120-C1-23)を各1枚貼り付けた。こうすることにより、曲げひずみをキャンセルして圧縮ひずみのみを取り出せるため、加振力を計測可能となる。

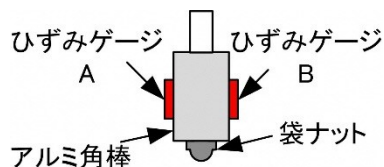


図1: 防水型力センサ

製作した力センサ端部にフックを取り付けて重さの異なる錘を吊り下げ、キャリブレーションを行った結果、図2のような線形な特性を示した。

図3にポリエチレン袋(厚さ0.03 mm、以下、ポリ

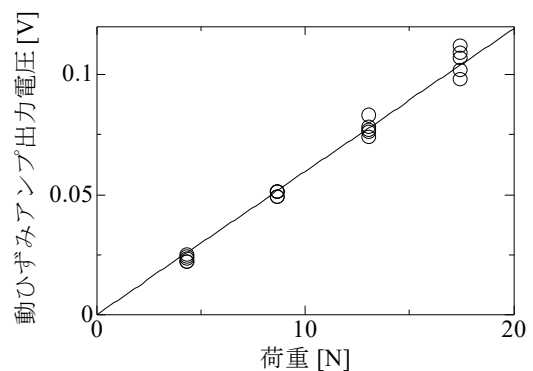


図2: 防水型力センサの静特性

袋)で覆い防水対策を施したピックアップを示す。

なお、ポリ袋の水漏れが生じた場合を考慮し、ピックアップとケーブルの接続部等を防湿用コーティング剤(共和電業製ブチルゴム系パテ AK-22)で覆った。ピックアップ底面にはネオジウム磁石をネジ留めし、磁性を持つ供試体にピックアップを吸着させる。非磁性体に吸着させる際には、シール付SUS403プレート(厚さ0.1 mm)を非磁性体に貼り、このプレートにピックアップを吸着させる。

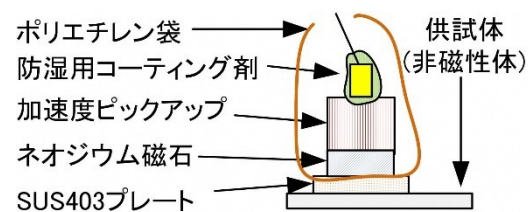


図3: 簡易防水型加速度ピックアップ

図4に開発した水中構造物用実験モーダル解析システムを示す。フレームにモーダル加振機(ブリュエル・ケアー製 4809)を吊り下げ、ロッドを介して防水型力センサを装着した。加振機の制御信号として10 Hz、1周期長さの正弦波波形を与え、供試体を1回打撃する。また、加振力が約5 Nとなるようにアンプのゲイン調整を行った。今回の実験で

¹ ナカシマプロペラ(株)

は、供試体を弾性体上に設置した。FFTアナライザの計測条件は周波数スパン:800 Hz、ライン数:6400、計測時間8秒とし、加振力データのS/N比を向上させるため、加振前後の主に10 msの信号を採用するようにトランジェント窓を設定したうえで、10回の線形平均処理を行った。

3 実験結果

開発したシステムによって供試体に加えた加振力を比較するため、図5に大気中でピックアップを直接供試体に吸着した場合（黒点線）、大気中で防水対策を施したピックアップを供試体に吸着した場合（青破線）、および供試体を水に沈めて防水対策を施したピックアップを吸着した場合（赤線）の加振力のオートスペクトルを示す。いずれの場合も同等のスペクトルを得ており、かつ計測周波数範囲におけるスペクトルの低下も最大12 dB程度であるため、良好な加振が行えることを確認した。

図6に各条件で計測した際の周波数応答関数、図7にそれぞれの場合の加振力と加速度の関係の強さを表すコヒーレンスを示す。図6より、供試体を水中に沈めることにより、周波数応答関数の各ピークは低周波数側にシフトするとともに、各ピークの急峻さが減少した。これらのことから、供試体周囲の水が付加質量として作用し、減衰も増加することを確認した。図7より、300 Hz以上の高周波数帯域において、水中加振時にはコヒーレンスが低下する現象が見られたが、概ね0.7程度以上であり計測に大きな支障はないと考えられる。なお、コヒーレンスが低下した原因の一つとして、水中ではポリ袋に浮力が作用しピックアップの供試体への吸着力が低下することが考えられる。

4 まとめ

水中構造物の振動伝達特性を実験的に明らかにするための水中構造物用実験モーダル解析システムを開発した。実験の結果、本システムの計測値は一定程度の信頼性を示した。今後、力センサを構成するひずみゲージの選定やピックアップの防水対策の改善を行い、信頼性の向上を目指す。

参考文献

- 1) Shivang Shekhar, Sudhanshu Nahata, and O.Burak Ozdoganlar : Proc. Of the Society for Experimental Mechanics (2018)
- 2) 細矢 直基, 矢作 修一, 梶原 逸朗 : 日本機械学会論文集(C), 78, 791(2012)

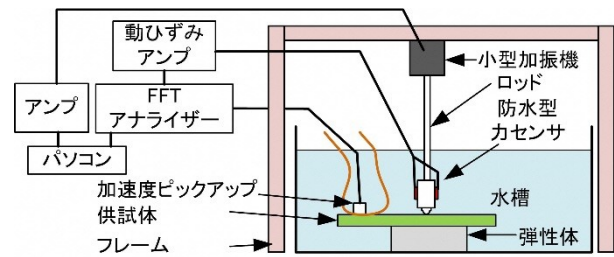


図4：水中構造物用実験モーダル解析システム

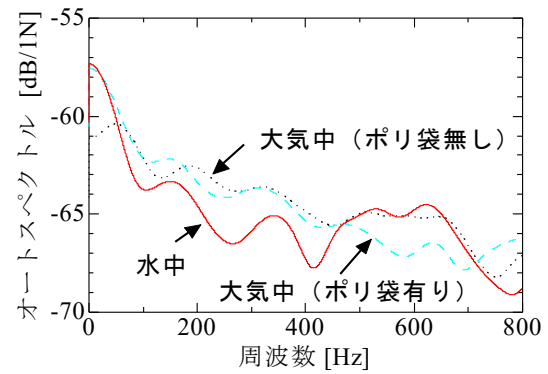


図5：加振力のオートスペクトル

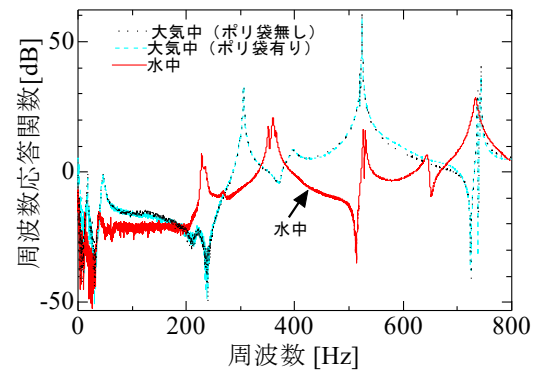


図6：周波数応答関数

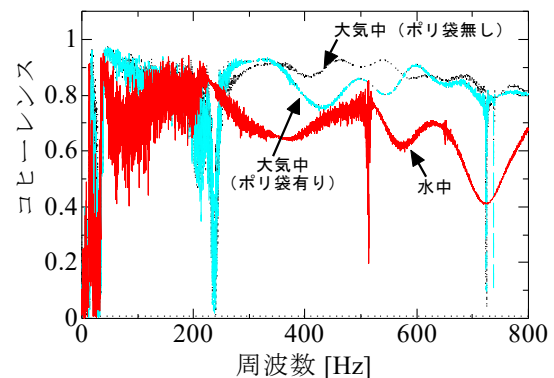


図7：コヒーレンス

LAN ケーブルの PoE 給電時における温度上昇測定

Temperature Measurement of LAN Cables Using PoE

渡辺哲史, 下山力生, 平田大貴, 若槻友里, 若尾和正*, 林洋之*

Tetsushi WATANABE, Rikio SHIMOYAMA, Daiki HIRATA, Yuri WAKADUKI,
Kazuo WAKAO* and Hiroyuki HAYASHI*

キーワード 発熱/温度計測/LAN ケーブル/PoE/ケーブル束
KEY WORDS Heat Generation/ Temperature Measurement/LAN Cable/
PoE(Power over Ethernet)/ Bundle of Cables

1 はじめに

LANケーブルは本来、微小電流によってデータ通信を行うためのケーブルとして規格化・製品化されているが、このケーブルを用いてデータ通信と同時に電源供給を行うPower over Ethernet (PoE)が広まっている。これまでに制定されたIEEE 802.3 at においては 48 V/0.5 A までの給電であったが、最新の規格であるIEEE 802.3 bt においては最大57 V/2 Aの給電が可能となる。これらの規格は標準的な太さを持ったケーブルを想定して決定されたが、現在使用されているケーブルには芯線の非常に細いケーブルもある。このケーブルをPoEに使用する場合には異常発熱が懸念される。

2 目的

PoEの一般的な利用イメージは図1に示す形態となる。給電側機器(PSE)は一般的にはHUBであり、これに複数の受電機器(PD)が接続される。

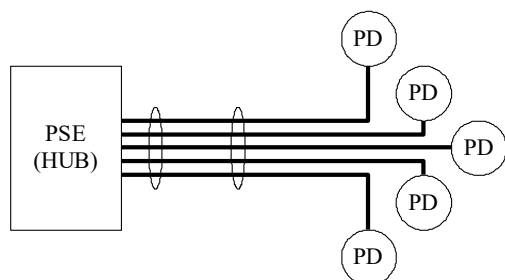


図 1 PoE 利用イメージ

今後のPoEの利用としてデータセンタ内のネットワーク機器での利用が考えられており、この場合には多数の機器が同時に接続され利用されることが想定される。データセンタでは多数のケーブルを効率的に配線するため束ねて用いられることも多く、この場合には更に高温に達することが懸念される。このため、どのようなケーブルが束ねても問題ないか検討するため、実際に通電して温度上昇を測定した。

3 評価法

PoEを実行するPSE,PDの内部回路は非常に複雑なものであるが、PoEにおけるケーブル上の給電電流のみに着目して単純化したものが図2である。LANケーブル内の4対(8本)の電線に対して1対(2本)の電線を1本の導線として、2組の給電経路を形成している。受電側は電力を消費するだけの抵抗負荷(RL)として表現した。

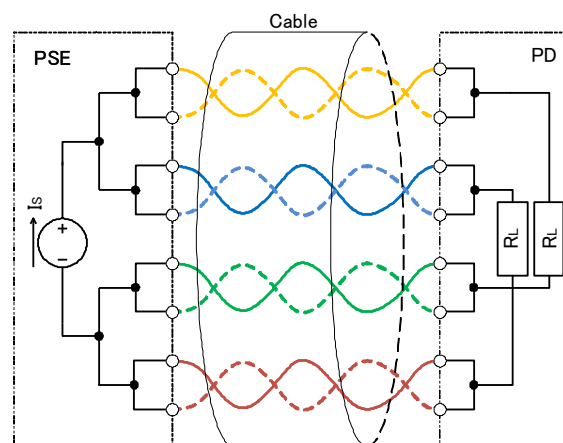


図 2 PoE 給電回路

今回の評価においては、一般的に考えられる最悪の条件として、24ポートのHUBに全てPDが接続され、全てのPDに最大電力を同時に供給する場合を検討する。図1に示すように、24本のLANケーブルはHUBの近くでは束ねて配線される場合が多く、束ねることによってより高温になることが予測されるため、この束となった部分の温度に注目する。

現実の回路では、図2の回路が24個並列に接続されたものとなるが、全てのケーブルの発熱量は同じであるため、1本のケーブルを折り返してケーブル24本の束とした場合と同等と考えられる。このため、図3に示すように1本のケーブルを折り返して束を作り実験した。

今回の実験では50 mのケーブルを用い、約1.8 mで折り返した。折り返した中程約1 mを約35 cm間隔

* サンワサプライ(株)

で結束し、平行に配線された状態とした。この部分を実験対象として、その中央部でケーブル束の中心および表面のケーブルに熱電対をテープで貼り付け、ケーブルの温度を計測した。(図4)

なお、熱電対を取り付けた部分に対しても束の形状が保たれるように結束した。

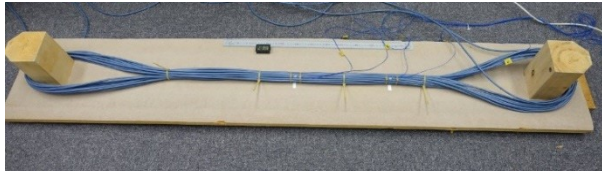
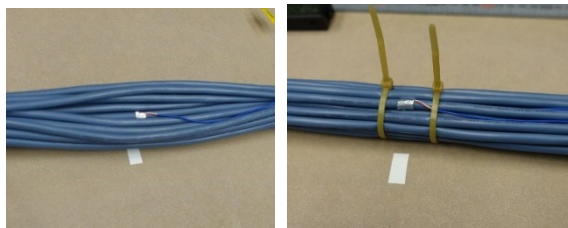


図3 ケーブル束 概観



(a) 中心部 (b) 表面部

図4 熱電対取り付け

また、ケーブル近傍の室温も同時に計測し、室温との差を温度上昇として評価した。測定に際して、ケーブル束の下には断熱材を敷き、無人で空調を行っていない部屋で測定した。

PD内での発熱は今回の測定には関係しないため図2の R_L は 1Ω とした。また、PSE側の供給電流 I_s はIEEE 802.3 btの最大供給電流である2Aとした。

4 評価結果

4.1 電気抵抗測定結果

実験には表1に示す3種類のLANケーブルを用いた。ケーブル端部の外観を図5に示す。全てのケーブルはシールド無しのケーブルであり、太さが異なるものである。ケーブル規格(Category: Cat.と表記)は信号伝送帯域の区分を示し、数値が大きいほど高速信号伝送可能なケーブルである。今回使用したケーブルは Cat. 5Eおよび6であるが、ケーブル構造は同じである。ケーブルの太さはケーブルシースの外径を実測した平均値である。AWG (American Wire Gauge) は芯線(銅線)の太さを表し、値が大きいほど細いケーブルとなる。値が1増加するごとに直径が約0.89倍となる。AWG24程度が規格で想定された芯線の太さであり、AWG32はこれに比べて非常に細い芯線である。芯線が細くなるに従って全体の太さも細くなっている。

表1 使用ケーブル諸元

名称	Cat.	太さ (mm)	AWG	抵抗 (Ω)	発熱量 (W/m)
A	6	3.3	32	27.0	25.9
B	5E	5.2	26	6.8	6.5
C	6	6.3	23	4.0	3.8

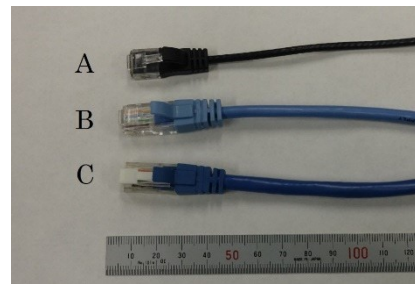


図5 ケーブル外観

表1の抵抗値は各ケーブルについて、8本ある芯線の50mの抵抗の平均値である。これは、参考文献1に示される電線1kmの抵抗値から計算される値にほぼ一致した。従って、測定に際しては、この抵抗値は芯線の太さに応じた銅の抵抗値であり、測定値に含まれるコネクタ部分の抵抗値は無視できると言える。

今回のケーブルの温度上昇は銅線で発生するジュール熱に起因する。この発熱量は以下のように計算できる。

図2のケーブル内の各導線には全て同じ電流が流れ、各導線の電流は $I_s/4$ となる。1本の銅線の抵抗値を $R(\Omega)$ と表すとき、1本の銅線の消費電力は $(I_s/4)^2 R$ となる。一本のケーブル内には8本の銅線があるため、ケーブル全体での消費電力 P は下式で表される。

$$P = 8 (I_s/4)^2 R \quad (1)$$

ケーブル長を L 、束の本数を N とすると、このケーブル束1mあたりの発熱量 $Q(W/m)$ は

$$Q = N P / L \quad (2)$$

と表すことができる。ここで、 $I_s=2A$ 、 $N=24$ 、 $L=50m$ を代入して整理すると、

$$Q = 0.96 R \quad (3)$$

と表される。この計算値を表1に示す。芯線の細いケーブルほど発熱量が大きいことが確認できる。

4.2 温度上昇測定結果

表1に示す3種類のケーブルの温度上昇の測定結果を図6に示す。全てのケーブルにおいて概ね60分で熱平衡状態に達した。このため、測定は120分まで行い、90分~120分の間の平均値を平衡時の温度として表2に示す。

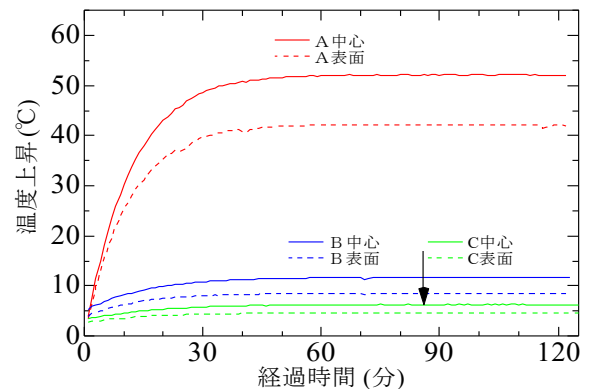


図6 各ケーブルの温度上昇測定結果

表2 平衡時温度上昇測定結果

名称	中心 (°C)	表面 (°C)	単線 (°C)
A	52.1	42.1	8.6
B	11.7	8.5	—
C	6.3	4.6	—

表2の単線の項目は束としていないケーブルの場合の温度上昇の測定結果であり、ケーブルAのみ測定した。

表2より、いずれのケーブルにおいてもケーブル束の中心の温度上昇は表面に対して20~30%程度大きい。芯線が比較的太いB,Cでは24本束とした場合においても、温度上昇は10°C程度に収まっている。一方、極細ケーブルであるAでは、1本のケーブルだけで約10°Cの温度上昇であり、束ねると中心の温度が約50°C上昇した。

この結果から、室温が30°Cの場合、Aのケーブル束の中心では80°Cに達すると推定され、ケーブルの耐熱温度75°Cを超えることとなる。

5 結論

PoEにより、多数の機器に同時に給電を行う場合、ケーブルの温度上昇を考慮する必要があることが確認できた。特に、芯線がAWG32程度の細いケーブルを束ねた場合、その中心部ではケーブルの耐熱温度を超える可能性もある。また、束の中心では表面より高温になっており、この点にも注意して、使用ケーブルの選定・配線を行う必要があることがわかった。

参考文献

- 1) 導体寸法サイズ表(AWG), 潤工社,
<http://junkosha.co.jp/technical/tec1.html>

遷移状態動解析による進行波搬送システムの検討

Investigation of traveling wave carrier system by transient dynamic analyses

岩田 和大

Kazuhiro IWATA

キーワード 進行波 / 有限要素法 / 数値解析

KEY WORDS Traveling wave / Finite element method / Numerical analysis

1 はじめに

近年、大量生産を行う組立工場などでは、さらなる生産性向上のため、生産ラインを自動化する搬送機械と供給装置の需要が増加している。その中で、小型部品の供給装置にはパーツフィーダーがよく用いられるが、部品形状ごとに分離機と整列機の調整が必要であり、場合によっては専用の装置が必要となるため、コストがかかる問題がある。

本研究では、様々な部品形状に対応できる物体搬送・供給システムの開発を目的とする。搬送と部品の整列を同時に行えるシステムとして、理科教材等に用いられるシャイブ式ウェーブマシンに着目した。このウェーブマシンは複数の振動子を中央の板や棒、梁などでつなぎ合わせて構成されている。この振動子を上下に揺らすことで、振動子の慣性と中央の弾性により、横波の伝播や反射、重ね合わせを簡便に観察することができる。また、振動子を揺らす速度や周期を変えることで、進行波の振幅と波長を変化させることも容易である。本報告では、このウェーブマシンの進行波の凹凸を利用し、物体の搬送が行えるかを、有限要素法を用いた遷移状態動解析により検討した。

2 解析条件

図1にウェーブマシンの有限要素モデルを示す。振動子を断面が5 mm×5 mm、長さ420 mmの四角柱とし、それを繋げる中央構造物を長さ1000 mm、幅20 mm、厚み0.4 mmのステンレス板とした。101本の振動子が10 mmの間隔で配置され、45度傾いた状態で上方のエッジのみがステンレス板に固定されている。エッジのみを固定することで、ステンレス板が振じれる面積が増え、最大振幅が増えるとともに、波の速度を遅くすることができる。搬送対象は直径40 mmの球とした。

解析には汎用解析ソフト Marc (MSC Software)を用いた。振動子と球には六面体要素のHEX8を用い、薄いステンレス板は厚みを0.4 mmに設定

したシェル要素のQUAD4を用いた。解析に用いた各材料定数を表1に示す。

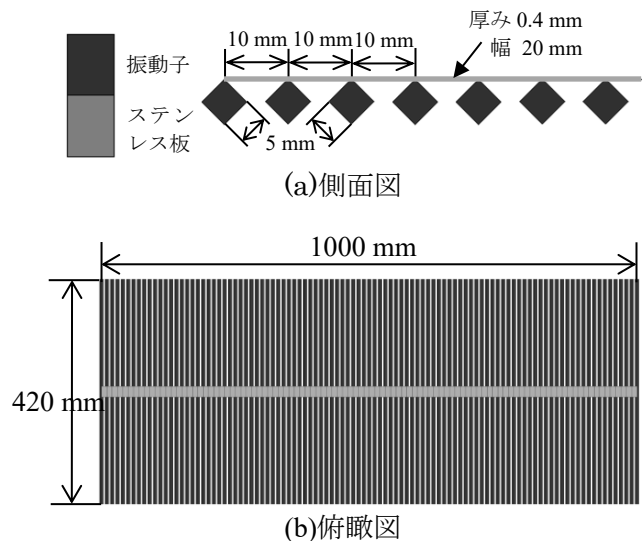


図1 有限要素モデルの外観と寸法

表1 解析に用いる各材料定数

	ヤング率 [GPa]	ポアソン 比	密度 [g/cm ³]
振動子と ステンレス板	200	0.288	7.87
球	200	0.3	0.1

3 遷移状態動解析の結果と考察

前章の有限要素モデルの左右端の振動子を完全並進拘束し、左から2番目の振動子に集中動荷重を加えたときの遷移状態動解析を行った。解析の結果、波が左から右に伝播して伝わっていく様子が確認でき、右端で固定端反射の様子も確認できた。この時の波の伝播速度は約530 mm/sであった。この結果より、遷移状態動解析によりウェーブマシンによる進行波の発生の再現を確認できた。

つぎに、遷移状態動解析による物体搬送の検討を行った。球の中心を左端からx : 45 mm、高

さy: 20 mm、奥行きz: -160 mmの位置に設置し、振動子の傾きと重力により滑り落ちないように、奥行き方向の並進拘束を境界条件として与えている。左から2番目の振動子に集中動荷重を加えて波を発生させ、その波が球に接触した際の球の軌跡を解析した。球の外観と荷重位置を図2に示す。また、集中動荷重は球の搬送距離が長くなるように試行錯誤した結果、図3に示すような時間変化とした。

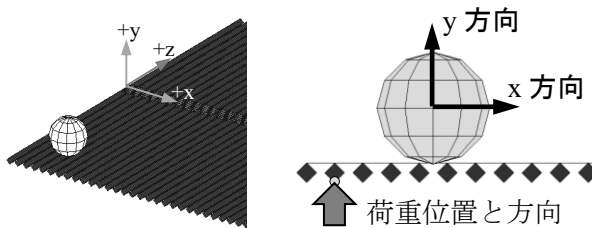


図2 球の外観と荷重位置

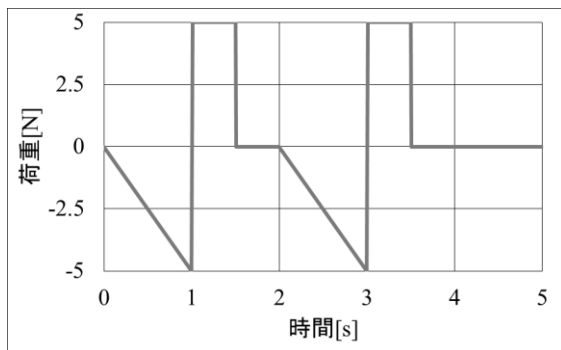


図3 集中動荷重の時間変化

解析結果から得られた球の中心軌跡を図4に、側面から見たウェーブマシンと球の動きを図5に示す。これらの結果から、1つ目の進行波では球が波の凹に収まり搬送され、最大でx方向に71 mm搬送されていることが分かった。しかし、2つ

目の進行波は、球にほとんど影響を及ぼしていないことが分かった。これは球に接している振動子が球の重さによって拘束されているような状態になり、ここで1つ目の進行波の固定端反射が発生し、2つ目の進行波に干渉することで、振幅が小さくなったことが主な原因と考えられる。

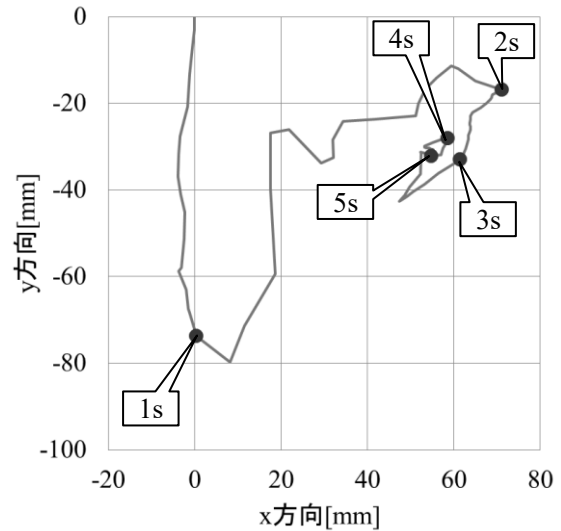


図4 球の中心軌跡

4 まとめ

ウェーブマシンの有限要素モデルで遷移状態動解析を行い、進行波の発生を確認できた。また、振動子の上に球を設置し進行波を発生させた場合、進行波の凹凸により球が搬送されることを確認した。今後は、搬送により適した進行波波形を検討し、この解析モデルを基にウェーブマシンを製作、搬送実験を行う予定である。

参考文献

- 1) 伊藤信隆：物理教育 18 巻 1 号 p.23-33 (1970)

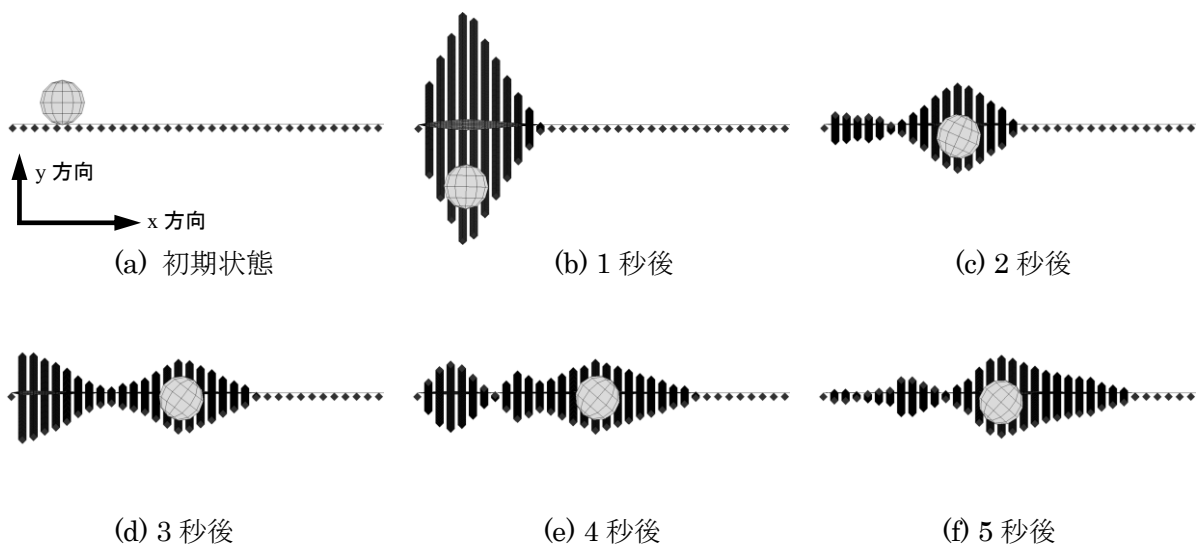


図5 側面から見た遷移状態動解析によるウェーブマシンと球の動き

亜塩素酸ナトリウム溶液の pH がゴムの劣化に及ぼす影響

Influence of pH of Sodium Chlorite Solution on Degradation of Rubber

石田 拓也・岩藤 仁

Takuya ISHIDA, Hitoshi IWABUKI

キーワード ゴム / 亜塩素酸ナトリウム / 劣化 / pH / 拡散
KEY WORDS Rubber / Sodium chlorite / Degradation / pH / Diffusion

1 はじめに

次亜塩素酸ナトリウム(NaOCl)は強い酸化作用を有することから、食品産業において殺菌剤として汎用されているが、各種シール、ガスケット類に広く用いられているゴム材料を劣化させることが問題となっている。そのため、より温和な殺菌剤が求められており、中でも亜塩素酸ナトリウム(NaClO₂)が注目されている。

NaClO₂は、NaOClと同様にpHに依存して殺菌力が変化する。NaClO₂溶液を酸性にすると、亜塩素酸イオン(ClO₂⁻)のプロトン化により、亜塩素酸(HClO₂)が生じる。また、酸性条件下のHClO₂からは、二酸化塩素(ClO₂)が生成する。ClO₂は、強い酸化作用を持つため、NaClO₂によるゴムの劣化を考えるには、ClO₂を考慮する必要がある。本研究では、NaClO₂溶液のpHがゴムの劣化に及ぼす影響を調査した。

2 実験方法

2.1 試料の作製

エチレン含量54%、ジエン含量4.5%のエチレンプロピレンゴム(EPDM) (JSR(株)製 EP22) にHAF級カーボンブラック60重量部、架橋剤(ジクルミルパーオキサイド)2重量部、ステアリン酸1重量部を配合し、オープンロールによる混練後、チューブ状試料作製用金型で架橋して、円筒状EPDMチューブ試料(外径: 10 mm, 内径: 8 mm, 厚み: 1 mm)を得た。

2.2 浸せき試験

NaClO₂試薬(関東科学(株)製)にClO₂⁻濃度が約1150 ppmとなるようにリン酸ナトリウム緩衝液を希釈液として加え、pHを3, 4, 5, 7, 9としたNaClO₂溶液を調製した。ClO₂⁻、ClO₂濃度は、デジタル残留塩素テスターDCT-05(株式会社タクミナ製)を用いて測定した。浸せき試料には、チューブ試料の内部を蒸留水で満たし、両端をフッ素樹脂で栓をしたものを用いた。これにより、チューブの外のみが劣化した試料を得ることができる。試料は、液温を23℃とし、96時間浸せきした。浸せき後の試料は、真空乾燥した後、EPMA測定、引張試験に供した。

2.3 EPMA

電子線プローブマイクロアナライザ (EPMA ; 日

本電子(株)製JXA-8500FS)の線分析によって塩素(Cl)元素、酸素(O)元素の断面深さ方向分析を行った。加速電圧を15 kV、ビーム電流を50 nAとして、同一試料の異なる場所で9回測定し、その平均値をCl元素、O元素の分布とした。

2.4 引張試験

精密万能試験機(島津製作所(株)製 オートグラフAG-Xplus)により、試料の力学特性を評価した。試料にはリング状試験片を用いた。リング状試験片は、ゴムチューブを旋盤により切り出すことで作製した。引張速度を100 mm/minとし、一試料あたり5回測定を行った。

3 結果と考察

3.1 濃度の変化

表1は、浸せき前後におけるClO₂⁻濃度とClO₂濃度の測定結果である。浸せき後のClO₂⁻濃度は、pH3で639 ppmとなり、大きく低下したが、その他のpHでは大きな濃度の変動はみられなかった。ClO₂濃度は、調製直後の液はいずれのpHも1~3 ppmだったが、浸せき後の濃度はpH5以下で増加した。ClO₂濃度の増加量は、pHが低いほど大きく、pH3では241 ppmとなった。この結果は、酸性条件下において、亜塩素酸から二酸化塩素が生成し、その生成速度はpHの低下により増加することを示している。

表 1 浸せき前後における亜塩素酸イオン(ClO₂⁻)、二酸化塩素(ClO₂)濃度の変化

	ClO ₂ ⁻		ClO ₂	
	Before	After	Before	After
pH3	1157	639	2.8	241
pH4	1198	1060	1.6	19.6
pH5	1149	1136	0.8	4.0
pH7	1168	1068	1.6	2.0
pH9	1088	1108	2.4	2.4

3.2 Cl, O 元素の拡散深さ

図1に各pHの溶液に96時間浸せきした試験片断面におけるCl元素の断面深さ方向分析結果を示す。横軸は最表面を0とした試験片内部方向への深さを表しており、縦軸はCl元素の特性X線強度である。pH5以下では、pHの低下に伴ってCl元素の拡散深さ(D_{Cl})は深くなり、試料内部におけるX線強度は増加した。pH7以上では、試料内部へのCl元素の拡散はみられなかった。浸せき後の ClO_2 濃度が高いほど(表1)、 D_{Cl} が深いことから、 ClO_2 が主たる拡散成分であると考えられる。

HOClの場合、1000 ppmの溶液に23°Cで168時間浸せきすると、 D_{Cl} は約70 μm となる¹⁾。 ClO_2 は低濃度かつ短時間の浸せきでもHOClよりも深く拡散するため、拡散係数は ClO_2 の方がHOClよりも大きいと考えられる。

図2にO元素の断面深さ方向分析結果を示す。O元素の断面深さ方向分布は、Cl元素と同様の傾向がみられた。

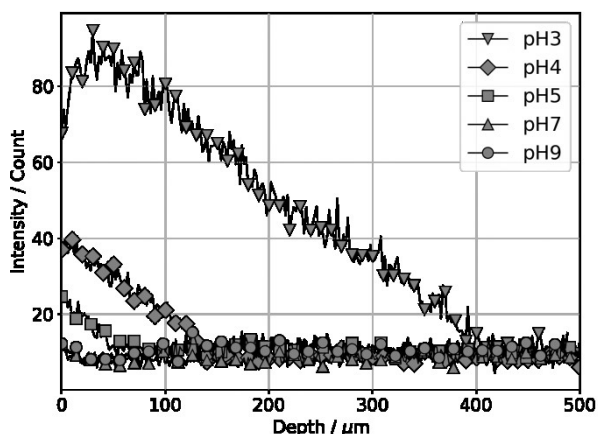


図1 異なる pH で浸せきした試料の Cl 元素の断面深さ方向分布

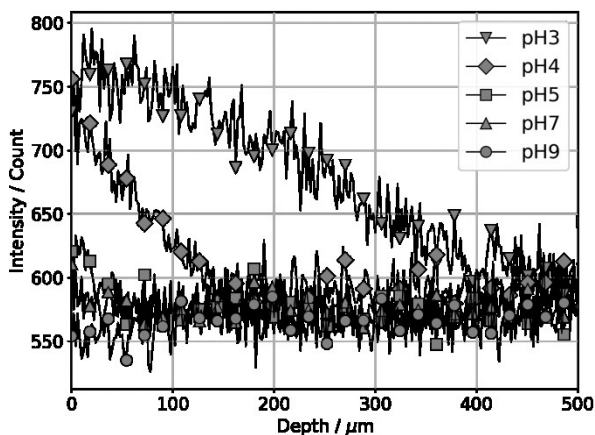


図2 異なる pH で浸せきした試料の O 元素の断面深さ方向分布

3.3 力学特性

図3に各pHの溶液に96時間浸せきした試験片の

応力歪み曲線を示す。pH5以上では、強度の低下はみられず、応力歪み曲線の形状に大差はみられなかった。pH4以下では、pHの低下に伴って、引張強さ、破断伸びが低下した。また、歪みが100%における応力(M100)は、pH3で大きく増加した。この結果は、劣化によりゴムが高ヤング率化したことを示しており、硬化劣化が疑われる。HOClの場合、酸素の拡散深さ(酸化深さ)の増加に伴って強度が低下する²⁾。本研究の場合も酸化深さの増加(図2)に伴って、強度が低下したと考えられる。

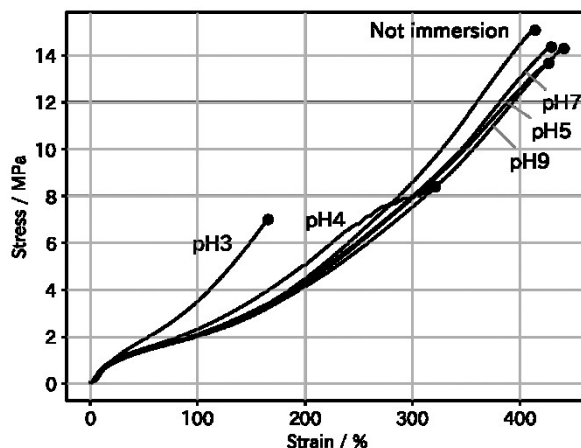


図3 異なる pH で浸せきした試料の応力-歪み曲線

4 まとめ

$NaClO_2$ 溶液のpHがゴムの劣化に及ぼす影響について調査した。その結果、酸性条件下で生成する ClO_2 により、ゴムが劣化すること、pHの低下にともなって ClO_2 の生成が促進されることが判明した。 ClO_2 の生成速度は $NaClO_2$ 濃度によっても変化することから、今後は濃度による影響について調査する予定である。

参考文献

- 1) 石田拓也, 岩露仁, 福崎智司: 日本ゴム協会誌, 87, 107 (2014)
- 2) 岩露仁, 石田拓也, 福崎智司: 日本ゴム協会誌, 88, 75 (2015)

外部発表

誌 上 発 表

1. 往復拭き取り操作における拭き取り速度とクロスの含水量がポリエチレンテレフタレート表面からの微生物細胞の除去におよぼす影響

(日本防菌防黴学会誌 Vol.46, No.5 平成 30 年 5 月)

松本 侑子、高橋 和宏、浦野 博水

拭き取りクロスを用いた往復拭き取り操作について、拭き取り速度とクロス含水量がポリエチレンテレフタレート(PET)板表面からの微生物細胞の除去に及ぼす影響を調べた。往路のみの拭き取り操作では、拭き取り速度や含水量に依存せずほとんどの菌体が除去され、菌体残留率は0.4%未満であった。一方、往復拭き取り操作では、拭き取り速度と含水量の増加に伴い菌体残留率は増加した。また、往路拭き取り操作終了から復路拭き取り操作開始までの待機時間の増加に伴い菌体残留率は減少した。以上の結果から、往復拭き取り操作における微生物の除去効果は、拭き取りに要する時間に依存することが示唆された。拭き取り直後には遊離状態の菌体が、時間の経過により徐々に不可逆的な付着状態へ変化すると考えられた。また、拭き取り方向の逆方向への変化が、遊離状態の菌体をクロスからPET板表面に戻す引き金になっていると考えられた。

2. リング型動吸振器を組み込んだ低騒音チゼルの開発

(日本機械学会論文集 Vol. 84, No. 861 平成 30 年 5 月)

眞田 明、辻 善夫、岩田 和大、川野 道則、岩路 仁、下山 安彦*

(*作州機工株式会社)

油圧ブレーカによるコンクリート構造物などの破碎作業において騒音が発生し、問題となっている。その騒音の大きな原因は、ブレーカの先端に取り付けて対象物を破碎するチゼルの振動である。本研究では、この振動により発生する耳障りな高い周波数の音を低減するために、チゼル本体に動吸振器を組み込み、縦振動による共振を抑制する方法を提案する。提案する動吸振器は、チゼルの縦振動を抑制するために、リング状金属部材の質量と樹脂材料によるバネで構成される。まず、提案動吸振器の設計のため、伝達マトリクス法を用いて、動吸振器を組み込んだチゼルの縦振動をモデル化し、一端を加振した際のチゼルの振動応答を計算する方法を示す。次に、実験と計算から計算モデルを検証し、提案手法の有効性を示す。最後に、計算モデルを基に設計した打撃用チゼルを対象として行ったブレーカによる打撃音測定の結果を示す。

3. 次亜塩素酸ナトリウム水溶液によるインジゴの脱色に関する考察

(色材協会誌 Vol.91, No.7 平成 30 年 7 月)

岩路 仁、松本 侑子、浦野 博水

デニムのブリーチ加工に関わる、次亜塩素酸ナトリウム(NaOCl)によるインジゴの脱色機構について、次亜塩素酸(HOCl)の解離平衡に注目して考察した。インジゴ染色綿布およびインジゴ分散液の脱色、すなわち凝集したインジゴ粒子の脱色は、NaOCl 水溶液の pH が低いほど大きくなった。一方、分子レベルで溶解したインジゴ誘導体(インジゴカルミン)の水溶液の脱色は、pH が高いほど大きくなった。HOCl の解離平衡より、凝集粒子の脱色は非解離型 HOCl の濃度に依存することが明らかとなった。解離型 OCl⁻イオンは疎水性のインジゴ凝集体の内部に拡散できないので、固液界面でのみ作用する。それに対し、電気的に中性な HOCl は凝集体の内部へ浸透し、拡散した内部においても作用できるので、効率的にインジゴを脱色できる。

4. 和洋の融合が生んだ繊維産業

(繊維製品消費科学会誌 Vol.59, No.8 平成 30 年 8 月)

國藤 勝士

岡山県は江戸時代の綿織物、藍染め技術をルーツとして発展し、綿花栽培、真田紐、足袋等へ移行する過程で各種ノウハウを積み重ね、今日の学生服やジーンズ等の産業が生まれていった。本稿で、平成 29 年度に日本遺産に登録された倉敷市の取り組みなどを紹介し、和の伝統産業から洋の産業(ジーンズ、学生服等)が生まれていった経緯を紹介する。

5. パルス法 NMR によるイソプレンゴムの状態評価と破壊特性の予測

(日本ゴム協会誌 Vol.91, No.8 平成 30 年 8 月)

岩路 仁、石田 拓也

加硫イソプレンゴム(IR)に、引張試験で得られる破断時の伸長比(λ_B)と 100%伸長応力(S_{100})の間の指数測を利用した状態評価法($\lambda_B - S_{100}$ マッピング)を適用し、その有効性を確認するとともに、パルス法 NMR によって得られたパラメータを用いた評価法の拡張について検討した。その結果、架橋密度の代用として有効な NMR パラメータを特定するとともに、パルス法 NMR による劣化の判定方法、および破壊特性の推定方法を見出した。

6. Fabrication of Silver Nanoparticles Using High-Pressure Wet-Type Jet Mill

(Materials Transactions Vol. 59, No. 9 平成 30 年 9 月)

藤井 英司、古谷 充章

粒子材料をナノサイズ化することにより、バルクの状態とは異なる光学特性、触媒性能、熱特性などを示すことが知られている。しかし、粒子をナノサイズ化することにより、凝集力が強く

なるため、粒子を保護する材料や粒子を担持させる材料を選定することが必要となる。本報では、マイクロ空間場による高剪断力を利用した金属ナノ粒子を合成する方法について検討を行い、銀ナノ粒子をセルロースナノファイバー上に強固に担持させる手法を確立した。

7. Extension of the frequency range of normal-incidence sound absorption coefficient measurement in impedance tube using four or eight microphones

(Acoustical Science and Technology Vol. 39, No.5 平成 30 年 9 月)

眞田 明、岩田 和夫、中川 博*

(*日本音響エンジニアリング株式会社)

吸音材料の垂直入射吸音率は一般に音響管を用いて測定が行われるが、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では管内を音波が斜めに伝搬し、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、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。2本のマイクロホンを用いる場合と8本のマイクロホンを用いる場合について、サンプルがわずかに傾いた場合の影響を有限要素法により計算し、提案方法の有効性を示す。また、複数のサンプルを用いた測定結果から、本手法の有効性を検証した結果を示す。マイクロホン間の特性ミスマッチの補正効果についても検証した結果を示す。

8. エチレンプロピレンゴムの塩素劣化における劣化層形成挙動の予測

(マテリアルライフ学会誌 Vol.31, No.1 平成 31 年 3 月)

石田 拓也、岩路 仁、福崎 智司*

(*三重大学大学院生物資源学研究科)

カーボンブラック充填エチレンプロピレンゴム(EPDM)は殺菌剤として汎用されている次亜塩素酸(HOCl)により劣化する。劣化した EPDM の強度は、HOCl が拡散し、反応した深さの増加に伴って低下する。そのため、耐 HOCl 性を評価するには EPDM 内部への HOCl の拡散・反応による劣化層形成挙動を明らかにする必要がある。本研究では、拡散・反応した深さ(劣化深さ)の経時変化から、HOCl による劣化層形成挙動の規則性を見出し、HOCl 濃度・浸せき温度依存性を明らかにすることを目的とした。その結果、劣化深さ(DCl)と浸せき時間(t)の関係はべき乗則($DCl = Kt^n$, K, n は定数)により整理することができた。 K は HOCl 濃度に対して比例関係にあり、温度に対してアレニウスの法則に従った。 n は HOCl 濃度に依存せず一定であり、温度の上昇に伴って低下した。これらの定数の濃度・温度依存性を考慮したべき乗則により劣化深さの経時的な変化の予測ができることを示した。

口 頭 発 表

No.	題 目	発 表 者	発表会名	年月日
1	シリカ粒子を複合した無水マレイン酸変性ポリプロピレン鎖の凝集状態	○ 甲加 晃一 日笠 茂樹 織田ゆかり ¹ 川口 大輔 ¹ 田中 敬二 ¹	2018年度（第67回）高分子学会年次大会	H30.5.25
2	EPDM/セルロースナノファイバー複合材料の力学特性	○ 浦部 匡史 幕田 悟史 藤原 和子	日本ゴム協会2018年年次大会	H30.5.31
3	フィルム状EPDMを表面劣化層のモデルとした塩素劣化の解析	○ 石田 拓也 岩 露 仁 中嶋 健 ²	日本ゴム協会2018年年次大会	H30.5.31
4	ブタジエンゴム・樹脂複合体およびCB充填BRを用いたゴムの補強に関する研究	○ 高橋 佑季 ³ 村上 真人 ³ 梁 暁斌 ² 岩 露 仁 中嶋 健 ²	日本ゴム協会2018年年次大会	H30.6.1
5	ナノ触診AFMによるイソプレンゴムの伸長下における不均一構造の研究	○ 野村 竜生 ² 梁 暁斌 ² 岩 露 仁 伊藤万喜子 ² 姜 聲敏 ² 中嶋 健 ²	日本ゴム協会2018年年次大会	H30.6.2
6	架橋アクリル系粘着剤と加硫ゴムの力学特性の速度依存性	○ 柏原 佑亮 ⁴ 岡田 駿 ⁴ 藤井 秀司 ⁴ 中村 吉伸 ⁴ 浦濱 圭彬 ⁵ 藤原 和子 日笠 茂樹	日本接着学会第56回年次大会	H30.6.14
7	架橋アクリル系粘着剤と加硫ゴムのパルスNMRによる架橋密度の評価	○ 柏原 佑亮 ⁴ 岡田 駿 ⁴ 藤井 秀司 ⁴ 中村 吉伸 ⁴ 浦濱 圭彬 ⁵ 藤原 和子 日笠 茂樹	日本接着学会第56回年次大会	H30.6.14
8	試験温度が高密度ポリエチレン/ファイバー複合材料の衝撃破壊挙動に及ぼす影響	○ 日笠 茂樹 甲加 晃一	日本接着学会第56回年次大会	H30.6.14
9	ゴム架橋ゴム粒子およびコアシェルゴム粒子により変成されたエポキシ樹脂の破壊じん性	○ 今中 誠 ⁶ 成田 一人 ⁶ 中村 吉伸 ⁶ 吉田 瞬 ⁷ 杉林 俊雄 ⁷ 木本 正樹 ⁸ 藤原 和子 日笠 茂樹	日本接着学会第56回年次大会	H30.6.15

No.	題 目	発 表 者	発表会名	年月日
10	岡山県工業技術センター	○ 日笠 茂樹	プラスチック成形加工学会 第29回年次大会	H30.6.20
11	貴金属ナノ粒子／ナノセルロース複 合材料の作製	○ 藤井 英司 古谷 充章	セルロース学会第25回年次大 会	H30.7.6
12	High-frequency measurement of normal- incidence sound absorption coefficient using eight microphones	○ 眞田 明 中川 博 ⁹	25th International congress on sound and vibration (ICSV25)	H30.7.10
13	電流停滞域が発現しない電解液を用 いた電解研磨後に得られる工業用純 アルミニウムの表面状態	○ 築山 訓明 村上 浩二 ¹⁰ 辻 善夫 渡邊 哲史	第10回軽金属学会中四国支部 講演大会	H30.7.28
14	Tungsten Carbide Film Suitable for Adhesion Improvement of Hydrogen-Free DLC Film	○ 谷本 壮 ¹¹ 磯野 凌 ¹¹ 杉江 侑哉 ¹¹ 針谷 達 ¹¹ 須田 善行 ¹¹ 滝川 浩史 ¹¹ 神谷 雅男 ¹² 金子 智 ¹³ 國次 真輔 瀧 真 ¹⁴	International Union of Materials Research Societies - International Conference of Electronic Materials 2018 (IUMRS-ICEM 2018)	H30.8.13
15	工業用純アルミニウムの電解砥粒研 磨における電流密度の影響	○ 築山 訓明 村上 浩二 ¹⁰ 辻 善夫 渡邊 哲史	金属第58回鉄鋼第61回中国四 国支部講演大会	H30.8.21
16	弾性板と微小孔による耳栓音響フィ ルタ特性	○ 眞田 明 高祖 英樹 ¹⁵	日本機械学会機械力学・計測 制御部門 Dynamics and Design Conference 2018	H30.8.28
17	柔軟はりの放射音特性に着目した1次 元ニアフィールドスピーカに関する 研究	○ 岩本 宏之 ¹⁶ 田中 信雄 ¹⁷ 眞田 明	日本機械学会機械力学・計測 制御部門 Dynamics and Design Conference 2018	H30.8.28
18	ナノインデンテーション法による動 的粘弾性測定を用いたDLC被覆樹脂 の機械的特性評価	○ 久保 光星 ¹⁸ 國次 真輔 ムハンマド ア ミヌル ヘルミ ¹⁸ 今井 裕一 ¹⁹ 清水 一郎 ¹⁸ 中谷 達行 ¹⁸	表面技術協会第138回講演大 会	H30.9.13
19	Impact of slide condition factor on friction and wear characteristics of ta- C:H film deposited by CVA method through SRV test	○ ムハンマド ア ミヌル ヘルミ ¹⁸ 國次 真輔 清水 一郎 ¹⁸ 中谷 達行 ¹⁸	表面技術協会第138回講演大 会	H30.9.13
20	ICPプラズマ支援パルススパッタリン グ法によるDLC膜の形成	○ 國次 真輔 中西 亮太 中谷 達行 ¹⁸	表面技術協会第138回講演大 会	H30.9.13

No.	題 目	発 表 者	発表会名	年月日
21	Influence of Grinding Atmosphere on Grinding Characteristics of CFRP	○ 岡崎 真吾 ²⁰ 江 一帆 ²⁰ 児玉 紘幸 ²⁰ 余田 裕之 ²⁰ 大橋 一仁 ²⁰	International Conference on Machining, Materials and Mechanical Technology (IC3MT)	H30.9.19
22	清酒製造場に存在する野生酵母の生理的性質	○ 伊藤 一成 谷野 有佳 三宅 剛史	日本農芸化学会2018年度中四国支部大会	H30.9.21
23	発熱円筒を設置した水平発熱面上の自然対流熱伝達（発熱円筒のスリットが及ぼす影響）	○ 下山 力生 堀部 明彦 ²⁰ 山田 寛 ²⁰ 井上 拓哉 ²⁰	日本機械学会熱工学カンファレンス2018	H30.10.20
24	初期熱分解生成物の低減を目指したコルクの加熱脱着GC/MS分析	○ 常定 健 國藤 勝士 児子 英之	第63回リグニン討論会	H30.11.2
25	Friction and Wear Properties of Ni/Sn Electroplated Films Changed Surface Profile	○ 東 翔也 ²¹ 福田 忠生 ²¹ 尾崎 公一 ²¹ 福田 千沙 ²² 西村 宜幸 ²² 水戸岡 豊	日本材料科学会第5回韓日国際シンポジウム	H30.11.7
26	アルカリ性条件下における過酸化水素の洗浄力とペルヒドロキシアニオンの役割	○ 鈴木 万穂 ²³ 福崎 智司 ²³ 竹原 淳彦	日本防菌防黴学会第45回年次大会	H30.11.14
27	シリコーンゴムへの次亜塩素酸の浸透と再放出	○ 岩露 仁 竹原 淳彦 石田 拓也 藤原 和章 ²⁴	日本防菌防黴学会第45回年次大会	H30.11.14
28	次亜塩素酸水溶液に浸せきした高分子材料の抗菌性	○ 岩露 仁 浦野 博水	日本防菌防黴学会第45回年次大会	H30.11.14
29	インサート材を用いた異種材料のレーザー接合技術	○ 水戸岡 豊	日本接着学会構造接着研究会	H30.11.14
30	電解砥粒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 ¹⁰ 辻 善夫 渡邊 哲史	第20回関西表面技術フォーラム	H30.11.21
31	レーザーとめっきによる直接回路形成技術を用いたガラス基板の開発	○ 西村 宜幸 ²² 福田 千紗 ²² 三宅 莉枝 ²² 水戸岡 豊	第30回日本材料科学会関西・中国支部総会	H30.11.28
32	ナノ触診 AFM によるイソプレンゴムの伸長下における不均一構造の研究 2	○ 野村 竜生 ² 梁 暁斌 ² 岩露 仁 伊藤万喜子 ² 中嶋 健 ²	日本ゴム協会第29回エラストマー討論会	H30.11.29
33	ナノ力学物性マッピングによるブレンドゴムの相構造観察	○ 石田 拓也 岩露 仁 藤原 和子 新町 洋文 ²⁴	日本ゴム協会第29回エラストマー討論会	H30.11.29

No.	題 目	発 表 者	発表会名	年月日
34	パルス法NMRによるブタジエンゴム・樹脂複合体の解析	○ 岩 露 仁 高橋 佑季 ³ 中嶋 健 ²	日本ゴム協会第29回エラストマー討論会	H30.11.29
35	大気圧プラズマを用いた樹脂/金属の接着性に関する研究	○ 中西 亮太 松岡 大樹 水戸岡 豊	第14回日本接着学会関西支部若手の会	H30.12.17
36	8マイクロホンによる広帯域垂直入射吸音率測定について	○ 眞田 明博 ⁹ 中川	日本音響学会12月建築音響研究会	H30.12.20
37	8マイクロホンによる垂直入射吸音率測定-(0,1)モードの影響除去法について-	○ 眞田 明博 ⁹ 中川	日本音響学会2019年春季研究発表会	H31.3.5
38	ポリプロピレン/フィラー複合材料の疲労特性	○ 甲加 晃一 日笠 茂樹	第10回日本複合材料会議(JCCM-10)	H31.3.6
39	難削材の切削加工における金属組織と工具摩耗に関する研究	○ 余田 裕之 西田 典秀 ²⁵ 亀山 寛司 ²⁶	日本機械学会中国四国支部第57回総会・講演会	H31.3.7
40	岡山県工業技術センター	○ 余田 裕之	日本機械学会中国四国支部第57回総会・講演会	H31.3.7
41	プレートの捻りモードを用いた移動機構に関する研究 -ステアリングの検討-	○ 岩田 和夫 辻 善夫 眞田 明	2019年度精密工学会春季大会 学術講演会	H31.3.13
42	チタン合金の切削加工現象の評価に関する研究	○ 余田 裕之 西田 典秀 ²⁵ 亀山 寛司 ²⁶	2019年度精密工学会春季大会 学術講演会	H31.3.15
43	アルミナ微粒子を分散させた複合材料調製とその表面特性評価	○ 児子 英之 常定 健 堤 宏守 ²⁷	日本化学会第99春季年会(2019)	H31.3.18
44	ICPプラズマ支援パルススパッタリング法を用いたDLC成膜におけるプラズマ診断	○ 國次 真輔 中西 亮太 小山 祐雅 ¹⁸ 中谷 達行 ¹⁸	表面技術協会第139回講演大会	H31.3.19
45	放熱性能を考慮した電磁シールド用パンチングメタル形状の検討	○ 若槻 友里 渡邊 哲史	2019年電子情報通信学会総合大会	H31.3.19
46	Mechanical Properties of DLC-coated PEEK Prepared by ICP Assisted Sputtering Method	○ 國次 真輔 久保 光星 ¹⁸ 中谷 達行 ¹⁸ 清水 一郎 ¹⁸	ISPlasma2019/IC-PLANTS2019	H31.3.20
47	畳み込みニューラルネットワークの階層的判別機構によるパラメータ数の削減	○ 平田 大貴 高橋 規一 ²⁰	2019年電子情報通信学会総合大会	H31.3.21
48	試験製麴における麴菌の転写因子FlbCの発現と酵素生産との関連	○ 伊藤 一成 谷野 有佳 五味 勝也 ²⁸ 狩山 昌弘 ²⁹ 花房 裕子 三宅 剛史	日本農芸化学会2019年度大会	H31.3.26

No.	題 目	発 表 者	発表会名	年月日
49	米麴の破精の構造と白色度の関係	○ 谷野 有佳 伊藤 一成 五味 勝也 ²⁸ 狩山 昌弘 ²⁹ 花房 裕子 三宅 剛史	日本農芸化学会2019年度大会	H31.3.26

- | | | |
|---------------------|------------------|---------------------|
| 1 九州大学 | 2 東京工業大学 | 3 宇部興産(株) |
| 4 大阪工業大学 | 5 兵庫県立大学 | 6 大阪教育大学 |
| 7 拓殖大学 | 8 (地独)大阪産業技術研究所 | 9 日本音響エンジニアリング(株) |
| 10 (株)山本金属製作所 | 11 豊橋技術科学大学 | 12 伊藤光学工業(株) |
| 13 (地独)神奈川産業技術総合研究所 | 14 (株)オンワード技研 | 15 エーイー・ザ・サウンズカンパニー |
| 16 成蹊大学 | 17 首都大学東京 | 18 岡山理科大学 |
| 19 ストローブ(株) | 20 岡山大学 | 21 岡山県立大学 |
| 22 オーエム産業(株) | 23 三重大学 | 24 中国ゴム工業(株) |
| 25 (公財)岡山県産業振興財団 | 26 中国職業能力開発大学校 | 27 山口大学 |
| 28 東北大学 | 29 (株)フジワラテクノアート | |

岡山県工業技術センター報告第 45 号

平成 30 年度版（2018 年度版）

令和元年 8 月発行

（2019 年 8 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(代表)

FAX 086-286-9630

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

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

無断転載を禁ずる