



令和7年度導入機器

今年度、公益財団法人JKA(<https://www.keirin-autorace.or.jp>)の機械振興補助事業「公設工業試験研究所等における機械設備拡充補助事業」(<https://hojo.keirin-autorace.or.jp/about/list/kikai/2025/index.html>)により、新たに導入したパルスノイズ試験システムを紹介します。この機器は、企業等の方々に広く開放していますのでご利用ください。利用方法等については、担当部署まで、お気軽にお問い合わせください。

パルスノイズ試験システム



製造所	EMC PARTNER
型式	IMU-MGS 他
設置年度	令和7年度
設置場所	電波暗室（実験棟3）
担当部署	計測制御科



概要

パルスノイズ試験システムは、電子機器に対して外部よりパルス性のノイズ(静電気、EFT/バースト、雷サージ)を印加し、対象となる機器が正常な動作が維持できるか確認することによりパルス性のノイズに対する耐性を評価することができる装置です。

仕様

対応規格	: IEC61000-4-2 Ed.3、IEC61000-4-4 Ed.3、IEC61000-4-5 Ed.3 対応
試験電圧	: 静電気放電試験電圧 気中放電 最大 16kV、接触放電 最大 10kV
	: EFT/バースト試験 試験電圧 最大 4.4kV
	: 雷サージ電圧 4.1kV

研究紹介①

熱分解ガスクロマトグラフ質量分析装置 (Py-GC/MS) を用いた プラスチックブレンドの成分分析

1. はじめに

プラスチックの廃棄問題や資源循環の重要性から、プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律が令和4年に施行されました。この法律の目的は、プラスチック製品のライフサイクル全体にわたり、環境負荷を低減しつつ資源の有効活用を促進することです。弊センターでも相溶化材を用いたプラスチックブレンド再資源化技術の開発に取り組んでいます¹⁾。

プラスチックを再利用するためには、リサイクル品の成分分析が不可欠です。プラスチックは単独での使用のほか、異種のポリマーをブレンドしての使用も多くあります。そのため材料の定性分析や組成比の定量分析は、素材の適正利用や再利用の可能性を評価するうえで重要なプロセスです。本報告では、熱分解ガスクロマトグラム質量分析装置 (Py-GC/MS) を活用した、プラスチックブレンドの成分分析について紹介します。リサイクルプラスチックのモデルとして、組成比が明らかであるポリプロピレン (PP) とエチレンプロピレンゴム (EPDM) のブレンドを作製しました。このブレンド材は耐衝撃性に優れ、バンパーなどの自動車部品やコンテナなどに使用されています²⁾。一般的な成分分析には赤外分光測定が頻繁に用いられます。しかし PP と EPDM は類似した赤外スペクトルを持つため同定が困難です。そこで Py-GC/MS を用いた PP/EPDM の定量分析について検討を行いました。

2. 実験方法

ブレンド材は小型混練機 (プラスチコーダーラボステーション、ブラベンダー社製³⁾) で所定の比率の材料を溶融混練して作製しました。成分分析は Py-GC/MS (JMS-Q1500GC、日本電子(株)製⁴⁾) で行いました。単独材、およびブレンド材を 600 °C のパイロライザーで熱分解させ、発生ガスのマススペクトルおよびクロマトグラムを取得しました。まず広い質量電荷数比 (m/z) で走査 (Scan) 測定を行い、次いで定量分析のために特定の m/z で選択イオンモニタリング (SIM) 測定を行いました。

3. 結果

Scan 測定から得られた全イオン電流クロマトグラム (TICC) では、PP と EPDM で多くのピークが重なった複雑なグラフが得られました。そこで両材料からのピークを分離するために抽出イオンクロマトグラム (EIC) での分析を試みました。EIC は TICC から特定の m/z のイオン強度を取り出したもので、感

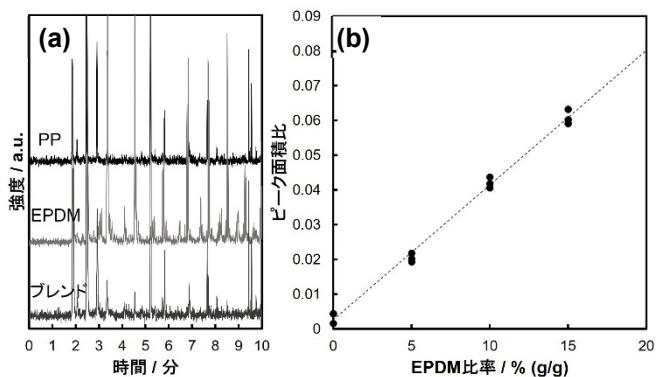


図 1 (a) 単独材およびブレンド材 (EPDM10 %) の熱分解ガスの $m/z = 56$ における抽出イオンクロマトグラム。 (b) ブレンド材の EPDM 質量比率と、 $m/z = 56$ 、4 分 33 秒のピーク面積および $m/z = 83$ 、5 分 13 秒のピーク面積の比率との関係。

度や選択性が向上します。 $m/z = 56$ の EIC (図 1 (a)) から、ブレンド材には PP と EPDM の両方のピークが確認できました。また単独材に注目すると、4 分 33 秒に EPDM から強いピークが見られ、一方で PP にはピークは見られませんでした。同様に $m/z = 83$ の 5 分 13 秒には PP の強いピークが見られ、EPDM には見られませんでした。これら重なりの無いピークを用いて定量性の検討を行いました。

EPDM の質量比が 0 %、5 %、10 %、15 % の PP/EPDM ブレンド材について、 $m/z = 56$ および 83 でそれぞれ 3 回 SIM 測定を行い、EPDM 由来、PP 由来と考えられるピーク面積の比率を計算しました。この面積比は組成比と相関があると期待されます。図 1 (b) に EPDM 質量比とピーク面積比のグラフを示します。これらの間に決定係数 0.994 の直線関係が得られました。これを検量線に用いることで、比率未知の PP/EPDM ブレンドの組成比を推定することができると言えられます。また他のブレンド材においても、単独材それぞれで独立なピークが得られれば本件と同様の分析が可能だと考えられます。Py-GC/MS からは溶出時間での分離と m/z での分離により多数のピークが得られるため、重なりのないピークを見つけることができる可能性は高いと期待されます。

参考文献・謝辞

- 1) 日笠茂樹. 日本接着学会誌. 2020, 56(4), p. 117-124.
- 2) 井上隆. ポリマーアロイ活用ノート. 初版, 工業調査会, 1992, 169p.
- 3) 令和3年度および4)令和2年度文部科学省度特別電源所在県科学技術振興事業整備機器

(機能材料科 幕田悟史)

肌触りに着目した衣服材料の評価

1. はじめに

製品に触れたときの感触を評価することは、すなわち消費者が製品を手にとったときに訴求される製品の特徴を理解することにもつながります。当センターでは、種々の材料や製品において手で触れたときの感触（風合い）のように主観で評価している特徴を、客観的な数値に置き換えることを目指し検討をおこなっています。

衣服を着用したときに感じる肌触りには、風合いと触った瞬間に「あたたかい」や「冷たい」と感じる感覚（接触温冷感）があります^[1]。特に、接触温冷感は、JIS L1927:2020「繊維製品の接触冷感性評価方法」に規格化されており、生地に熱源が触れたときの初期熱流束の極大値（ q_{\max} ）によって評価されます。例えば、インナーは肌に直接触れる衣服であり、夏には涼しく、冬にはあたたかくといったように季節ごとに異なる肌触りを有し、接触温冷感が製品の特徴を示す指標のひとつとして期待されます。また、快適性の観点から通気性などの空気の移動特性も季節ごとに異なる可能性が考えられます。

そこで、本稿では、季節性のあるインナーの特徴を客観的な指標で示すことを目的に、通気性と接触冷感性について評価した事例を紹介します。

2. 実験

市販のインナー4種（表1）を10 cm×10 cmに裁断し、試料としました（n = 3）。測定は20°C、65%RH下で実施し、測定前に試料を環境下に24時間以上静置し調湿しました。通気性は、通気性試験機（KES-F8、カトーテック（株）製）を用いて、通気量4 cc/cm²·sにおける通気抵抗値Rを測定しました。接触冷感性は、精密迅速熱物性測定装置（KES-F7、カトーテック（株）製）を用いて、試料温度20°Cに対し、熱源板を30°C（ΔT=10°C）に設定し、厚さ10 mmの発泡ポリスチレンの板（ $q_{\max} = 0.025 \text{ W/cm}^2$ ）の上に試料を置いて q_{\max} を測定しました。なお、評価面は、人の肌が直接触れる生地の裏面としました。図1に使用した装置の外観を示します。



図1 装置の外観

表1 測定試料

試料名	A	S1	S2	W
用途	通年	春夏	春夏	秋冬
素材	PE 90% PU 10%	PE 88% PU 12%	NY 90% PU 10%	PE 90% PU 10%
組織	天竺	メッシュ	天竺	天竺 (裏起毛)

* PE: ポリエステル、PU: ポリウレタン、NY: ナイロン

3. 結果

表2に各試料について3回の測定で得られたRと q_{\max} の平均値を示します。

表2 各試料のRおよび q_{\max}

	A	S1	S2	W
R (kPa·s/m)	0.20	0.07	0.21	0.51
q_{\max} (W/cm ²)	0.088	0.102	0.142	0.059

通気性の評価では、Rが小さいほど、試料は通気性が高いと判断します。接触冷感性の評価では、 q_{\max} が大きいほど、触れたときすぐに冷たいと感じると判断します。JISL1927の付属書では、ΔT=10°Cの測定条件における基準例として、 q_{\max} が0.1 W/cm²以上の場合に接触冷感性能をもつと評価することが記載されています^[2]。表2より、通気性はS1>A>S2>Wの順に高い結果が得られました。接触冷感性は、S2>S1>A>Wの順に高く、触れた瞬間に冷たいと感じる性能を有しているのはS1とS2でした。通年用のAを基準にすると、春夏用インナーは通気性や接触冷感性が優れており、さらに、同じ春夏用でもS1は通気性に、S2は接触冷感性に特長を有する製品であることが言えます。一方、Wは、通気性と接触冷感性がともに低いことから、触れたときに冷たいと感じにくく、肌と衣服の間に空気を逃がしにくいため保温効果が期待できると考えられます。

以上のように、主観的に評価される製品の特徴を客観的指標で示すことにより、製品の高付加価値化に貢献することを目指しています。

参考文献

- 1) 原田隆司. 着ごこちと科学. 袞華房, 1996.
- 2) JIS L 1927:2020「繊維製品の接触冷感性評価方法」
(繊維加工科 松本侑子)

岡山県の DLC (ダイヤモンドライクカーボン) 研究開発の取り組みと 評価装置・保有特許の紹介 (精密加工科 國次真輔)

はじめに

岡山県工業技術センターでは、2000年頃から高硬度で低摩擦性を有する DLC (ダイヤモンドライクカーボン) に関する技術相談が増加しました。DLC は炭素と水素からなるアモルファス (非晶質) 構造であり、1μm 以下の極めて薄い膜である (図 1) ため、当時の分析装置や計測機器では対応が困難でした。薄膜硬度を精密に測定するナノインデンテーション技術は黎明期にありましたが、当センターは国立研究開発法人 物質・材料研究機構 (NIMS) で、国の研修制度を活用し、いち早く技術習得に取り組みました。

DLC の研究開発の経緯と取り組み

当センターでは習得した技術を基に、全国の地方公設試験研究機関 (公設試) に先駆けて、DLC 薄膜の微細形状測定やナノインデンテーションが可能な走査型プローブ顕微鏡を導入し、県内外の企業や大学との共同研究を遂行するに至りました¹⁾。その後、DLC の用途拡大に伴い、ステンレス基材と PVD 膜や窒化処理との複合化²⁾ や、アルミニウム合金と Ni-P (ニッケルリン) めっき上への適用³⁾など、様々な基材上への成膜について検討を行い、コンプレッサの摺動部材への適用においては特許申請を行う成果を上げています⁴⁾。

DLC は、炭化水素などの気体やグラファイトなどの固体といった、様々な出発原料からプラズマ状態を経て成膜されます。一般的には、PVD (物理蒸着) 法や CVD (化学気相蒸着) 法といった真空バッチ式の成膜方法が用いられます。文部科学省の補助事業である特別電源所在県科学技術振興事業補助事業において、PVD と CVD のハイブリッド成膜や、HiPIMS (高電圧インパルススパッタリング) 法による樹脂材料への硬質 DLC 成膜⁵⁾など、新たな製膜プロセスの検討を行ってきました。また、県内企業との共同研究では、配管内 DLC 成膜技術⁶⁾、複合化 DLC 成膜技術⁷⁾、プラズマ計測技術⁸⁾、複合成膜技術⁹⁾について特許を取得しました。自動車用エンジンの低摩擦化を目的とした共同研究では、エンジンオイル添加剤による DLC 膜の摩耗改善¹⁰⁾やアルミニウムの凝着を抑える新たな DLC 膜を開発し、製品化されています。

DLC の医療分野への展開と課題

DLC は炭素と水素で構成され、人体に無害であるため医療デバイスへの応用も検討されています。岡山理科大学の中谷教授を中心に開発されたチューブ内面への DLC 被覆技術を応用し、岡山大学医学部や川崎医科大学、県内企業との共同研究によって、内面被覆チューブ¹¹⁾、尿路留置カテーテル¹²⁾、プラズマ処理による生体適合性向上材料¹³⁾を開発し、いずれも特許出願済みです。さらに DLC の医療応用を目指した「日本医用 DLC 研究会」が発足しており、本県は医療機器分野での拠点となり得る強みを有しています。しかしながら、現在、県として医工連携や医療開発を支援する具体的な事業が少なく、その強みを十分に活かしきれていない点が課題です。

DLC の評価技術向上への取り組み

産業技術総合研究所 (産総研) と全国の公設試からなる産業技術連絡推進会議 (産技連) において、DLC の評価・分析技術の高度化を目的とした DLC 技術研究会 (現: ドライコーティング技術研究会) の発足に尽力し、それまで不明瞭だった DLC 評価方法に関してラウンドロビンテストを実施するなどの事業を実施し、「DLC 膜の ISO20513:2017 規定分類のための評価法のガイドライン」¹⁴⁾に至りました。また、DLC の密着性評価に関する ISO 国際標準化活動にも参画するなど、県内外企業の DLC の研究開発促進や製品の品質向上に貢献しています。

DLC 評価に有効な保有機器の紹介

当センターは DLC 研究開発および品質管理を推進するため、全国公設試と比較して特に充実した分析・評価機器を保有しています。開放利用可能な機器を紹介いたします。

● 機械的特性評価

- 振動摩擦摩耗試験機 (Optimol 製 SRV-IV)
- 多機能摩擦摩耗試験機 (RTEC 製 MFT-5000)

● 化学的・組成評価

- 走査型 X 線光電子分光装置 (XPS : ULVAC-PHI 製 VersaProbe III)
- グロー放電発光分光分析装置 (GD-OES : Horiba 製 GD-Profiler2)
- 分光エリプソメトリー (Horiba 製 UVISEL-2)



図 1 多機能摩擦摩耗試験機

(25mN から 5,000N までの幅広い荷重領域に対応。油中や 500°Cまでの高温領域で、回転または往復摺動が可能。)

DLC 関連の保有特許について

現在、当センターが保有している特許は表 1 の通りです。共同研究者との共同出願のものもありますが、実施やライセンスについてはお気軽にご相談ください。

表 1 DLC 関連の保有特許

特許（公開）番号 特許名	権利 形態	内容	産業上応用可能な例
特許6635586 薄膜製造方法、成膜装置	単独	スパッタリング法の DLC 製膜で、第二、第三希ガスの導入したプラズマ計測により膜質の安定化を図ることができる成膜方法と成膜装置	・安定化されたスパッタリングによる DLC 成膜技術と成膜装置
特許6883804 硬質被膜	共同	有機モリブデン化合物含有潤滑剤下でも低摩擦性及び耐摩耗性を発現する硬質で厚い ta-C 膜	・自動車用摺動部品など ・Al など軟質金属の耐凝着性が必要となる工具や金型など
特許7453637 内面被覆チューブ	共同	内面にカルボキシル基をもつアモルファスカーボン膜を施したチューブ	・血液等が流れるチューブなど
特開2025-004319 生体機能性材料	共同	O=C-N 結合を表面に有する表面電荷が正の親水化 DLC である生体機能性材料	・親水性が必要な医療機器など

参考文献

- 1) 國次ほか, 岡山県工業技術センター報告, 28, 17 (2002)
- 2) 國次ほか, 表面技術, 63, 3, 163 (2012)
- 3) 特開 2009-149955、摺動部材の表面構造
- 4) 國次ほか, 表面技術, 60, 8, 527 (2009)
- 5) 國次ほか, 岡山県工業技術センター報告, 43 (2016)
- 6) 特許 6143007 皮膜形成装置及び皮膜形成方法
- 7) 特開 2016-053204 皮膜形成方法、皮膜形成装置、および皮膜付き部材
- 8) 特許 6635586 薄膜製造方法、成膜装置
- 9) 特開 2018-154872 膜形成部材、成膜装置、および成膜方法
- 10) 特許 6883804 硬質被膜
- 11) 特許 7453637 内面被覆チューブ
- 12) 特開 2022-019242 尿路留置カテーテル, 13) 特開 2025-004319 生体機能性材料
- 14) DLC 技術研究会編:「DLC 膜の ISO20513:2017 規定分類のための評価法のガイドライン」(2021)

技術情報 No.515 令和 8 (2026) 年 1 月発行

編集／岡山県工業技術センター 研究企画部 企画推進科

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)

FAX (086)286-9630

<https://www.pref.okayama.jp/site/kougi/>

● お願い

記載内容について詳しくお知りになりたいときは、
右記へご照会ください。