

◇ 研究室紹介 ◇

東北大学 大学院工学研究科附属先端材料強度科学研究センター 表面・界面制御強度信頼性科学研究分野

Tohoku University, Graduate School of Engineering, Fracture and Reliability Research Institute,
Strength and Reliability for Advanced Energy and Environmental Materials

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-11

HP: <http://www.rift.mech.tohoku.ac.jp/>

TEL: 022-795-6933

FAX: 022-795-4311

E-mail: ichikawa@tohoku.ac.jp

キーワード: 材料強度, 機械材料, 溶射, コールドスプレー, 強度評価

1. 研究室概要

当研究室は, 工学部 機械知能・航空工学科 機械システムコースおよび大学院工学研究科 機械機能創成専攻の協力講座として教育・研究を行っています。附属先端材料強度科学研究センターは, 1964 年設立の「材料強度研究施設」をルーツとする附置研究施設であり, 材料の強度や破壊現象の理解と対策技術を半世紀以上にわたり推進してきました。その 1 つが溶射法で, 金属やセラミックス粉末を熱源で溶かし吹き付ける手法ですが, 高温による酸化や残留応力が課題です。この発展形として注目するのがコールドスプレー (CS) 法で, 粉末を溶かさず高速気流で衝突させて塑性変形により皮膜を形成します。酸化や熱影響が少なく, 従来困難だった特性を持つ皮膜や新材料創製を可能にします。

当研究分野では素過程を解明し, 成膜条件と組織・特性の関係を体系化して高機能化や異種材料接合に展開しています。一見するとプロセス研究ですが, 本質は材料強度学であり, 疲労や破壊の研究とも直結します。幅広く研究を進めていますが, 本稿では「粒子」を扱う皆さまに関心をもっていただけるよう, コールドスプレーの基礎と応用を中心に紹介します。

2. 専門分野

材料強度, 機械材料, 溶射, コールドスプレー, 強度評価

3. 研究室構成員

教員 4 名 (小川和洋教授, 市川裕士准教授, 齋藤宏輝助教, 何寧助教) 技術職員 3 名, 事務職員 1 名, 大学院生 16 名 (博士 6 名, 修士 10 名), 学部学生 10 名 (2025 年 4 月)

4. 研究テーマ紹介

〔固相接合の素過程解明⁽¹⁾〕

CS 法では, 金属微粒子が基材に超音速で衝突し, その瞬間に表面酸化膜が破壊され, 生成された新生面同士が接触することで固相接合が生じます。しかし, 衝突直後の界面でどのように結合強度が発現するのかは十分に理解されていません。本研究では, レーザー加速による単一微粒子衝突実験と超高速観察, さらに界面を切り出した微小引張試験を組み合わせ, 界面強度の分布とその起源を明らかにしました。

〔CS法を用いたCFRP上への耐雷皮膜成膜技術の開発⁽²⁾〕

炭素繊維強化プラスチック (CFRP) は, 航空機や風力発電翼に不可欠な材料ですが, 導電性が低く雷撃による損傷が大きな課題です。従来は金属メッシュを貼り付けて対策されて

いますが, コストやメンテナンスが問題となります。そこで, CS 法を応用し, CFRP 表面に直接金属皮膜を形成する技術を開発しました。施工条件の最適化により, 炭素繊維の破断を抑えつつ導電性皮膜を得ることに成功し, 雷撃試験では損傷低減効果を実証しました。

〔微小材料評価による粒子力学特性の解明⁽³⁾〕

粒子衝突プロセスの理解には, 粒子自体の力学特性評価が欠かせません。ナノインデンテーション技術を応用し, 微小粒子の変形と強度発現を解析しています。最近では酸化膜を付与したアルミ粒子を電子顕微鏡内で圧縮し, 酸化膜の破壊様式を実時間で観察しました。その結果, 平坦化に伴う子午線・放射状・環状割れの発生と, 酸化膜による複合強化効果およびひずみ勾配強化効果を実証しました。

5. 所有機器類

各種コールドスプレー成膜装置, 走査型電子顕微鏡 (SEM), エネルギー分散型 X 線分析装置 (EDX), 電子後方散乱回折装置 (EBSD), 集束イオンビーム加工観察装置 (FIB), X 線光電子分光装置 (XPS), X 線回折装置 (XRD), イオンミリング装置, ナノインデンテーション試験機, 万能材料試験機, 回転曲げ疲労試験機, など。

6. 産官学連携についてのメッセージ

当研究室は, 他大学・研究機関や企業との共同研究を通じ, 基礎から応用まで幅広く取り組んでいます。CS 技術や耐雷皮膜開発は, 航空機やエネルギー機器などでの応用が期待されます。産官学連携を通じた社会実装に向け, 皆さまとの協働を歓迎いたします。

7. 最近の研究発表論文

- (1) Q. Tang, D. Veysset, H. Assadi, Y. Ichikawa, M. Hassani, Strength gradient in impact-induced metallic bonding, Nature Communications, 15 (2024) 9630.
- (2) H. Saito, A. Izumi, Y. Meng, Y. Ichikawa, K. Ogawa, Direct copper metallization of carbon fiber-reinforced thermoplastic polymers for lightning strike protection using low-pressure cold spray, Journal of Thermal Spray Technology, 34 (2025) 231.
- (3) Q. Tang, Y. Ichikawa, M. Hassani, Surface oxide layer strengthening and fracture during flattening of powder particles, Scripta Materialia, 244 (2024) 116008.