

NIT(KOSEN), *Suzuka* College

# Technology Newsletter

鈴鹿高専技術便り

第 24 号

## 産学官連携をさらに活発に

鈴鹿工業高等専門学校 校長  
藤本 慎司



2024年4月より校長を拝命してから1年ほどが経過し、本校や三重県の産業について少しずつ理解が深まってきました。私は大学院生の頃から昨年3月までの40年余りを大阪府吹田市で過ごし、三重県では伊勢神宮以外は訪れたことがありませんでした。鈴鹿市といえば、もちろん鈴鹿高専の存在は知っていましたが、鈴鹿サーキットの名前くらいしか思い浮かばず、近いようで馴染みの少ない地域でした。しかし最近は、休日に歩ける範囲で見聞を広めるよう努めています。

三重県について調べてみると、輸送機器、化学製品、電子機器の3つが製造業の主要分野であり、輸送機械は主に本田技研工業株式会社、化学製品は四日市コンビナートと関連産業に強みがあります。また、電子・電気デバイスはここ20年ほど全国1位の出荷額を誇り、2位以下を大きく上回っています。三重県全体での製造業総出荷額は全国9位で、全国有数の製造業集積地域です。

一方、三重県内の理工系学科等を有する高等教育機関は三重大学と鈴鹿高専を含む3つの高専のみで、これらの卒業生の多くは県外に流出しており、理工系人材の供給は十分ではありません。「鈴鹿高専テクノプラザ」では“産学官連携でものづくり支援”を実践するために企業との橋渡しとなるような様々な取り組みを行っています。工業高専の使命は言うまでもなく製造業の第一線で活躍する人材の育成です。そのため、工学の基礎のみならず、企業のニーズを踏まえた実務にも通じる教育が求められます。鈴鹿高専では様々な企業との共同研究、技術相談、受託試験などの活動を行っており、これらにも学生が関与することで、ものづくりに必要とされる知識やスキルを学ぶことができます。このことは、学生のみならず教職員も同様で、最新の産業界の動向に通じている必要があります。本校では工学の広範な分野の人材と基本的な設備が揃っており、特に材料の物理分析に関しては「鈴鹿工業高等専門学校全国高専共同利用マテリアル分析センター」に最先端の装置群を整備しております。現在、これらをさらに広く社会に開放する仕組みづくりに取り組んでいますので、企業の皆様が広く活用できるよう、気軽にご相談いただければ幸いです。企業との連携が学生、教職員の経験を広め、ひいては地元産業界への人材供給にもつながります。



鈴鹿工業高等専門学校  
全国高専共同利用  
マテリアル分析センター



透過電子顕微鏡  
JEM-2100Plus  
日本電子株式会社

## 目次

### 巻頭言

産学官連携をさらに活発に (藤本 慎司) 1

### 鈴鹿高専の取り組み紹介

- ・産学官連携によるカーボンニュートラル人材育成 (田添 丈博) 3
- ・グローバル・アントレプレナーシッププログラム：工学教育とアントレプレナーシップ教育の融合 (日下 隆司) 6

### 鈴鹿高専テクノプラザ講演会・企業交流会より研究者紹介

- ・光学的手法による応力・ひずみ解析 (末次 正寛) 8
- ・磁気光学イメージングによる非破壊試験技術のご紹介 (橋本 良介) 10
- ・アコースティック・エミッション法によるプレス加工の異常検知と工場 DX 化の取り組み (遠藤 健太) 12
- ・反応活性基をもつ両親媒性化合物の合成と性質に関する研究 (高倉 克人) 14
- ・金属積層造形した Ni 基耐熱合金の耐久性評価 (黒田 大介) 16

令和 6 年度 産学官連携活動実績報告、行事予定、編集後記 18

鈴鹿高専の取り組み紹介

## 産学官連携によるカーボンニュートラル人材育成

鈴鹿工業高等専門学校  
電子情報工学科 教授  
教務主事 田添 丈博



令和6年度、鈴鹿高専は三重県のカーボンニュートラル事業と連携して、第4学年「創造工学」の授業の中で、県内企業が抱えるカーボンニュートラル課題の解決と社会実装に取り組みました。「三重県と一般社団法人日本自動車部品工業会とのカーボンニュートラルの実現等に関する連携協定」に基づき、次世代のカーボンニュートラル人材の育成の取組に鈴鹿高専が加わる形で、県内会員企業の住友電装株式会社（四日市市）、トライス株式会社（松阪市）、西岡可鍛工業株式会社（いなべ市）、光精工株式会社（桑名市）の4社それぞれと学生グループが組んで、企業が抱える課題の解決に学生がチャレンジしました。

「創造工学」は前期金曜午前の全15回の授業で、4月のキックオフ説明会に始まり、企業見学や意見交換を繰り返し、半年間でまとめた成果は11月の高専祭展示（図1）で発表されました。また12月の「みえ環境フェア2024」に出展し（図2）、広くアピールすることができました。

社会と繋がり、現実的な課題に自らの専門技術でどう解決していくかを体験する、教育としてもよい機会になりました。令和7年度も引き続き、この取組を継続する予定です。



図1. 高専祭の学科展示

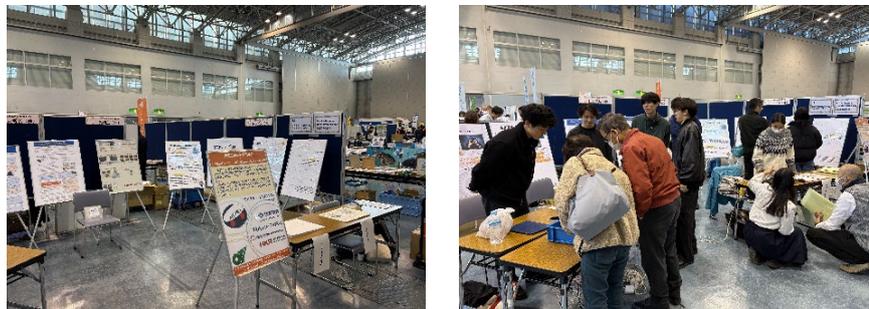


図2. みえ環境フェア2024の様子

テーマ1：ごみの分別ミスを減らそう！～CO<sub>2</sub>削減のために廃棄物分別の適正化、効率化～

連携先：住友電装株式会社 鈴鹿製作所

担当学生：生物応用化学科4年 家木麻由奈、稲垣くれは、小林千夏、平木暢、福田美咲  
(指導教員 小川亜希子)

まずは「現場を知ることが大切」という考えの下、住友電装株式会社鈴鹿製作所（以下、住友電装）を見学しました。見学後、KJ法を利用して問題提起と解決法をまとめ、事務系で生じやすい分別ミスを減らすことを目標に活動してきました。事業所から排出されるごみは産業廃棄物となります。廃棄物の正確な分別は資源を生み出し、減量化につながるため、私たちは以下の3つの活動を行いました。(1) 啓発：分別クイズを作成・実施して分別を学んでもらいました。(2) 分別ミス防止対策：過去に分別ミスが起こった物をリストアップし、それらのイラストを掲載したカードを作成しました。カードは住友電装で試用してもらい、分別を覚えるのに役立つそうだとコメントをもらいました。(3) 化学分析：住友電装から提供された17種類の紙を赤外分光分析装置で分析し、樹脂コーティングされた紙は、紙のスペクトルピークが無い代わりに樹脂由来のスペクトルピークが検出されました。

本テーマは到達目標が明確な反面、学生たちがこれまでに取り組んできた実習と異なり正確な解決手段が無い状態から始めました。彼ら自身が課題を理解して解決法を提案し、それらを実行してフィードバックしていくというのは、まさに実践教育でした。企業が直面している課題に関わったことは、学生たちにとって卒業後の仕事の一端を知る非常に良い経験になったと実感しています。

## テーマ2：電力の見える化とエアコンの使用電力削減に向けた取り組み

連携先：トライス株式会社

担当学生：電気電子工学科4年 山野華蓮（リーダー）、五藤真帆、小笠原さゆり、岡田太一、川北雅人、篠田結子、出口颯大（指導教員 生田智敬）

本テーマでは、事業所内の事務所の使用電力の見える化システムの開発と夏季のエアコンの使用電力の削減に向けた調査を行いました。これまで、事務所内で利用している電力は、事務所全体での使用電力のみしか確認することができませんでした。今回の取り組みでは、コンセント毎にデータを収集し、Wi-Fi や Bluetooth を経由してエッジコンピュータに随時蓄積していくシステムを構築しました。また、このデータをエッジコンピュータに蓄積し集計されたデータを可視化し、一定時間ごとに電力使用量の推移を確認できるようになりました。エアコンの使用電力削減については、室外機の遮光・遮熱に着目し、すだれやグリーンカーテンといった既存の様々な遮光・遮熱方法について実際に実験を行い効率の良い方法を調査しました。その結果、グリーンカーテンおよび市販の遮熱シートが電力の削減に有効であるとの結果を得ることができました。ただし、実験が天候の影響を大きく受けることから実験条件を揃えることが難しく、より長期的な観測が必要だということも改めてわかりました。

今回、事業所の実地見学（図3）や、実証実験といった貴重な機会を頂きました。また、高専祭やみえ環境フェアへの出展といった外部の方々へ取り組みを紹介する機会もあり、非常に良い経験となりました。

## テーマ3：生産の作業実績のペーパーレス化

連携先：西岡可鍛工業株式会社

担当学生：電子情報工学科4年 綾野広希（リーダー）、阿部凌河、石田稟旺、中瀬裕貴、山本一輝（指導教員 板谷年也）



図3. 事業所（トライス株式会社）の実地見学

このテーマは、生産数を自動でカウントするシステムを作り、事務の方の労力を減らし、ペーパーレス化を図ることが目的でした。工場内で作業実績が記録できるようになれば、用紙が不要になり、リアルタイムに生産実績が把握できれば、事務所などでPCモニターに生産の進捗や故障状況などを表示し、見える化できます。重さセンサーを用いて生産した個数を計算し、スプレッドシートに入力し、Webアプリケーションを用いて、様々な仕様を実装できるようにしました。生産管理システムは、作業開始、日報確認、名前登録ができるようになっています。生産を始めると作業開始、作業停止、不良品入力を選択できる画面に進みます。

- ① 作業開始ボタンを押すと型番選択する画面に映り、型番を選択すると本日分のスプレッドシートを作成します。すでに作成されている場合は、既存のシートに接続します。
- ② この状態で重さセンサーに製品を置くと変数に生産した数がカウントされ、1時間たったら、シートに入力できるようになっています。
- ③ 不良品入力を押すと不良品の不良の種類を選択できるようになっており、選択し送信を押すとシートに入力されます。
- ④ 作業員選択を押すと作業員登録、作業員選択、作業員削除できる画面に遷移します。
- ⑤ 作業員選択を押すと、日付を選択し型番を選択し作業員を選ぶと、そのシートに作業員が記入されます。
- ⑥ 作業員を選択して削除できます。

最後に本取り組みで学んだことはチーム開発の大変さです。チーム開発でリーダーをしましたが、全員に仕事を振り分けるのは難しく、全員平等な作業ができなかったと感じました。また、普段実験をなんとなくやっていたが、やはり開発をしているとこんなところで使うのだなと実験の大切さを知りました。企業課題として、企業様の要求を最低限こなすことは達成できて良かったです。

#### テーマ4：研削カスと使用済み砥石の再利用

連携先：光精工株式会社

担当学生：材料工学科4年 林田和熙（指導教員 小西宏和、黒田大介）

研削作業では、研削カスと使用済み砥石が廃棄物として生じ、一部は再利用されています。そこで本テーマでは、研削カスをそのまま何らかの形で再利用する方法を模索しました。研削カスを焼成することで多孔質体（ポーラス体）とし、吸着材やフィルターなどとして再利用できるのかを検討しました。また、再生できた際には、持続可能な農業の再現を目指す「アクアポニック」チームでその性能を評価できるように意見交換しながら以下の取り組みを進めました。(1) 分析型走査電子顕微鏡 (SEM-EDS) による研削カスの成分分析、(2) 焼成による圧粉体の作製、(3) 電気伝導度測定、(4) X線回折装置 (XRD) による結晶構造の解析。これらの結果、焼成した圧粉体は、構成元素は主にFeであり、生物に有害な元素の検出量は微量であること、電気伝導性がないこと、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (ヘマタイト) 相で構成されていることがわかりました。圧粉体に強度がないことから吸着材やフィルターとしての性能評価はできませんでしたが、例えば製鉄フラグの代わりに炭酸カルシウムと混合することでマリブブロックとして再利用できるのではないかと考えています。本テーマを通して、学んでいる専門知識や技術が社会にどのように貢献できるのかを学ぶことのできる貴重な経験となりました。

鈴鹿高専の取り組み紹介

## グローバル・アントレプレナーシップ プログラム： 工学教育とアントレプレナーシップ教育の融合

鈴鹿工業高等専門学校  
教養教育科 教授  
国際交流室長 日下 隆司



### 1.はじめに

鈴鹿高専は2021年にフィンランドのトゥルク応用科学大学（TUAS）と「交換留学プログラム協定」を締結しました。以降、相互に1セメスター(約5か月)間の学生派遣・受入を行っています。

2021年と2022年に、鈴鹿高専は実際の派遣・受入に向け、TUASとの交流としてウェビナーを各年5回で実施しました。ウェビナーでは、両校の教員及び共同研究を行う企業研究者が「社会実装」をテーマに講義を行い、それに基づき両校学生がオンラインでディスカッションし、発表を行いました。

そして、2023年と2024年には、JST さくらサイエンス・プログラムの採択を受け、TUASから学生10名と教員2名を招聘し、「高専グローバル・キャンプ」を実施しました。更に、2024年のキャンプではTUASに加えて、フィンランドのメトロポリア応用科学大学(MUAS)から学生3名と教員1名が参加し、全国高専からの高専生27名と合わせて総勢40名での実施となりました。

2024年には高専機構と共催で高専の得意とする工学教育とフィンランド教育の核の一つであるアントレプレナーシップ教育を融合した「グローバル・アントレプレナーシップ プログラム」を年間プログラムとして実施しました。この小論では、本プログラム概要と2024年9月にプログラムの一部として実施した「高専グローバル・キャンプ」について紹介させて頂きたいと思います。

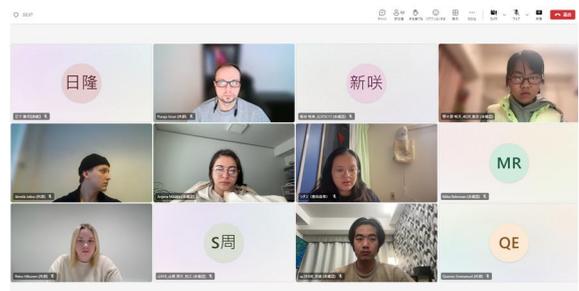
### 2. 「グローバル・アントレプレナーシップ プログラム」概要

近年、高専機構は「スタートアップ人材育成事業」を推進しており、その一方で「グローバル・エンジニア育成事業」の中で高専の国際化に向けた英語による授業の展開を強く推奨しています。

こうした流れを受け、2023年「高専グローバル・キャンプ」では、技術と起業家精神を組み合わせた「テクノプレナーシップ」をテーマに、招聘したフィンランドの学生と共に英語を使いながら技術の観点からビジネスプランを考えるプログラムを実施しました。このキャンプでのプログラム内容が評価され、鈴鹿高専は高専機構と共催で年間プログラムとして「グローバル・アントレプレナーシップ プログラム」を実施することになりました。

プログラム目標はビジネス感覚を持ったグローバル・エンジニアの育成することです。対象は本科4年生以上（専攻科生を含む）としました。また、全国高専から募集を行い、書類選考、面接によって10名の学生を選抜しました。ただし、前期科目については、希望学生の受入も行いました。

授業構成は、前期科目「グローバル・アントレプレナーシップⅠ」(2単位)と後期科目「グローバル・アントレプレナーシップⅡ」(2単位)となっています。本授業の単位は、高専間単位互換制度に基づき履修したすべての高専生に対して単位認定を行います。



TUAS イノベーション・プロジェクトの様子



ワークショップの様子

を持つことができましたと思います。

後期は TUAS の授業「イノベーション・プロジェクト」をオンライン受講しました。10名の選抜高専生は、グローバル・キャンプに参加した TUAS と MUAS の学生と共に、キャンプで作成したビジネスプランを更にブラッシュアップさせるために、9月から12月まで週2回で全26回の授業を受講しました。また、3月初旬にフィンランドに1週間滞在し、TUAS で開催される「ピッチイベント」に参加しました。後期授業の魅力は日本にいながら現地授業を英語で受講できることです。また、科目修了すると10ETCS(ヨーロッパ単位互換制度)の履修証明書がTUASから発行されます。



ファイナル・プレゼンテーションの様子

### 3. 2024年度「高専グローバル・キャンプ」概要

キャンプでは「イノベーションと社会実装を推進するテクノロジーの観点から考えるグローバル・アントレプレナーシップ」をテーマとし、1グループをフィンランド人学生1名、高専留学生1名、日本人高専生2名を基本とした小グループで各学生の専門領域の観点からテクノロジーを用いた起業のためのビジネスプランを作成するワークショップを実施しました。各グループが作成したビジネスプランは最終発表で評価し、表彰を行いました。



グローバル・キャンプ最終日の様子

その他に基調講演として日本スタートアップ事情についてソフトバンクの多田彰氏に、特別講演としてフィンランドのアントレプレナーシップ教育について引率教員のエマニエル・クレック氏に、そしてスタートアップのエコシステムについて世界的なビジネスコンテスト Slush の研究員、ヤミ・スオーミネン氏に講演をして頂きました。講演に加えて、モノづくり実習や学外研修旅行を実施し、メインプログラム以外での学生間の相互交流促進もはかりました。

### 4. おわりに

「グローバル・アントレプレナーシップ プログラム」は、学生にとって単に英語コミュニケーション能力向上だけでなく、現在学ぶ工学と実社会の繋がりを体験する場です。更には、国と国の違いを理解しながら、授業では学ぶことができない様々な可能性を広げる機会だと思います。また、キャンプは、その性質上、学生同士がプログラム内外で様々な交流を深める機会となります。より多くの学生にとって様々な学びとなるように、鈴鹿高専は2025年度も高専機構と共催で本プログラムを実施します。

鈴鹿高専の研究者紹介

## 光学的手法による応力・ひずみ解析

### 末次 正寛 (SUETSUGU, Masahiro)

鈴鹿工業高等専門学校  
 機械工学科 (再雇用教員)  
 所属学会： 日本機械学会  
 日本非破壊検査協会

### 研究分野

実験破壊力学  
 非破壊評価工学



(研究室の学生さんに描いてもらいました)

### 使用・応用分野

1. 構造強度解析
2. 欠陥検出技術

### キーワード

光学的計測手法  
 超音波

### 1. はじめに

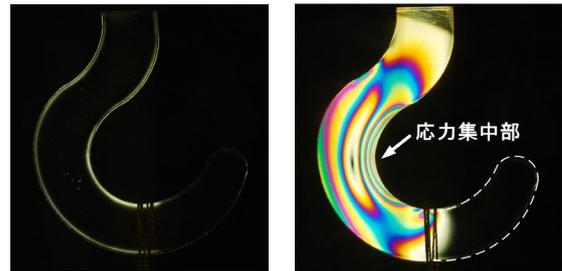
機械構造物が負荷を受けた際に生じる応力分布を評価する手法について検討しています。近年は有限要素法に代表される数値計算法が主流ですが、境界条件の設定が不明確になる場合があることや、破壊現象・接触問題等は一般的に不得手であること等の理由により、実験的な手法はまだまだ健在です。ここでは、私が行ってきたいくつかの実験手法についてご紹介します。

### 2. 光弾性実験法

「超」が付くほどトラディショナルな部類に入る手法ですが、全視野計測法であることや、視覚的に綺麗でわかりやすい方法です。図1はクレーンの先端についているようなフックの模型へ負荷を与えた縞模様です。数値計算では、例えば応力値に応じた色を割り振ったカラーのコンター図をよく見かけますが、図1の色縞は可視光線の波長に応じて生じた自然現象です。この図を見ると、このような曲がり梁では引張側(内側)に大きな応力が生じていること、また、フックの先端部(負荷部より右側)は力学的には不要であること等が一目でわかります。

図2は、固体中に存在する線状欠陥部を伝ばする超音波を光弾性現象によって可視化したものです。構造物中へ入射した超音波の反射エコーによって欠陥を検出する「超音波探傷法」という非破壊検査法があるのですが、得られるデータは図2に示したようなオシロスコープの波形です。こ

の波形から内部の様子を推察することはかなり難しいため、可視化像と対比させてどこからの反射波なのかを同定した例です。可視化像には、モード変換した反射横波 (RT)や Head Wave と呼ばれ



(a) 無負荷

(b) 負荷

図1 引張負荷を受けるフック状部材の応力分布

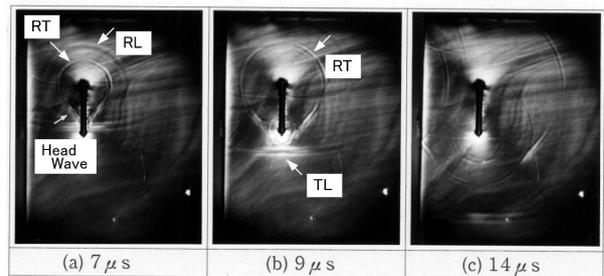
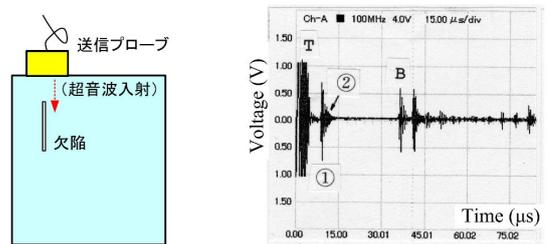


図2 固体中を伝ばする超音波の可視化

る直線状の波も観察できます。

### 3. ホログラフィ干渉法

三次元写真技術として知られているホログラフィ (holography) ですが、応力ひずみ測定の分野では微小面外変形の計測や振動解析の手法 (分解能は光の波長オーダー) として利用されています。この手法では、物体光 (被写体からの光) と参照光の干渉情報を写真乾板に回折格子として取り入れる手順 (図3) と、その干渉情報を取り出す手順 (図4) を行います。図5 は実際のホログラム撮影装置の概略です。写真乾板を露出して扱うことから実験室を暗室とし、人が

歩く振動や空気の揺らぎさえも撮影に影響するため、実験は人々が寝静まった丑三つ時に行います。図6 は人形を撮影したホログラムを再生して虚像を撮影したのですが、光の強弱とともに位相も記録されているため側面からの像も観察することができます。工学への応用では、負荷の変化におけるホログラムの多重露光撮影を行い、それらの干渉縞によって面外変位を計測します。図7 はラケットスロート部の面外変位計測例です。

モアレ法、コースティックス法、画像相関法等も行っておりますが、紙面の都合で割愛いたしました。

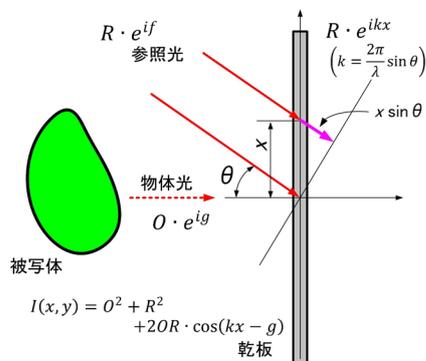


図3 ホログラムの撮影

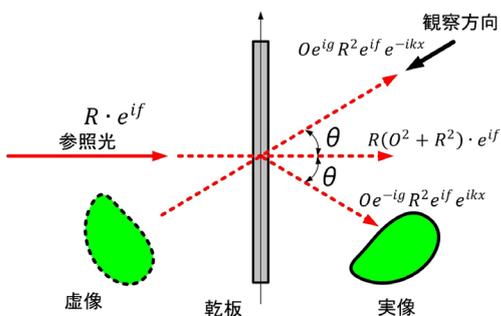


図4 ホログラムの再生

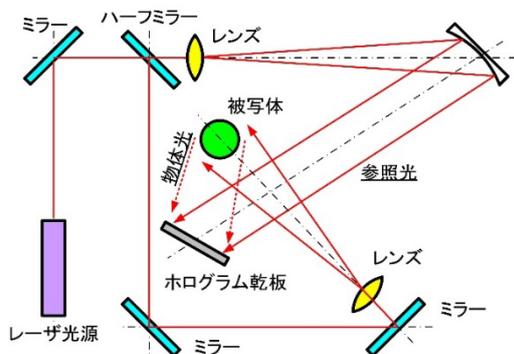
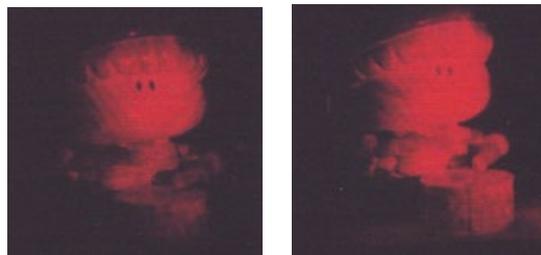
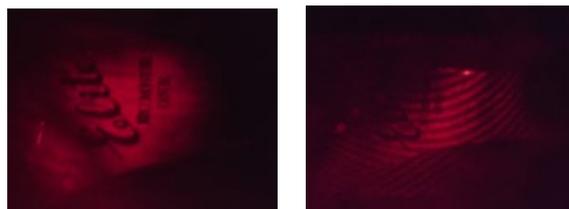


図5 ホログラム撮影の光学系



(a) 正面 (b) 側面

図6 人形 (妖精ミルモ) の再生像 (虚像)



(a) 無負荷 (b) 負荷

図7 ラケットスロート部の干渉縞 (縞1本あたり 316.4 nm の面外変位)

鈴鹿高専の研究者紹介

## 磁気光学イメージングによる非破壊試験技術のご紹介

## 橋本 良介 (Ryosuke Hashimoto)

鈴鹿工業高等専門学校

所属学科：電気電子工学科 准教授

所属学会：日本磁気学会、電気学会、応用物理学会

## 研究分野

磁性材料・磁気光学



## 使用・応用分野

1. 非破壊試験
2. 磁気光学イメージング

## キーワード

磁気センシング  
フェライト

## 1. はじめに

令和6年度5月の企業交流会にて、私がこれまでに取り組んできた磁気光学イメージングを利用した非破壊試験技術に関する研究成果を報告した。本稿では、その際に詳しく報告できなかった原理からテクノプラザ会員企業と共同研究にて取り組んだ内容までを中心に、いくつかの事例を交えて紹介したい。

非破壊試験とは、ものを破壊することなく検査する技術で、主に“きず”を探查する探傷試験を指す。非破壊試験は日々の安全性に関わる重要な技術であり、たくさんの手法が提案されている。これらの手法を適切に組み合わせて利用すれば、現在の技術で発見できない“きず”は無いといっても過言ではない。では非破壊試験における課題は何であろうか。実は、大きな課題の一つに人員不足と時間不足があげられる。適切な試験を実施していれば発見できたはずの“きず”でも、試験に時間を要することや専門人材がいないことが原因で検査が適切に実施されず、見逃しにより大きな事故に繋がったケースが散見される。

そこで、本研究では目視試験（目で見える検査）と同程度に簡便で、“きず”の視認性に優れる磁気光学イメージングに着目し、これまでに実証実験を繰り返してきた。次の2節では磁気光学イメージングの原理について紹介するが、やや専門的な内容になるため、興味のない場合は読み飛ばしていただいてもかまわない。次ページの3節にて具体的な研究事例について紹介する。

## 2. 磁気光学イメージング

磁気光学 (MO) イメージングで利用する MO 効果とは、強磁性体を透過する直線偏光の偏光面が回転する現象である (MO 効果の中でもファラデー効果と呼ばれる)。MO 効果における偏光面の回転角は次の式 (1) で示される。

$$\theta_F = F \times \frac{M}{M_s} \times L \cdots (1)$$

ここで $\theta_F$ は MO 効果による偏光面の回転角、 $F$ は材料固有の係数、 $M$ は磁化 ( $M_s$ は飽和磁化)、 $L$ は光が強磁性体中を透過した距離である。

専門用語の解説は割愛するとして、式 (1) で重要なことは、MO 効果の大きさは磁化 ( $M$ ) に比例するという点である。そして、 $M$ は磁界強度に概ね比例する (なお、 $M$ は飽和に近くなると非線形となるため、厳密には比例しない)。従って MO 効果の大きさは磁界強度に比例し、MO 効果の大きさから磁界を測定するセンサとして利用できる。

しかし、人間の目では偏光面の状態を見ることはできない。そこで偏光面の状態を、目でも見える光強度に変換する必要がある。MO イメージングとは、偏光面の回転角を目に見える光強度に変換する技術である。この時、偏光面回転角と光強度の関係は、次の式 (2) で示される。

$$I_{out} = I_{in} \times \%R \times \sin^2 \theta_F \cdots (2)$$

ここで、 $I_{out}$ は目に届く光強度、 $I_{in}$ は照射した光強度、 $\%R$ は強磁性体の反射率である。

このようにして偏光面回転角を光強度に変換し、“きず”からの漏洩磁界を検出する手法が、今回紹介する MO イメージングである。

### 3. 鉄鋼材料表面の MO イメージング

図 1 に本研究室で利用している MO イメージングの光学系を示す。被検体表面に MO 効果を発現する材料を MO センサとして配置する。光源からの光は偏光子を通して直線偏光に変換し、MO センサで反射した光の偏光面回転角を、検光子を通して光強度に変換する。スマートフォンのカメラで撮影することにより MO イメージが撮影できる。

きずがある鉄鋼材料表面の非破壊試験としてスマートフォンカメラによる目視試験 (VT) と、MO イメージングによる試験を行い、比較した結果を示す。VT 試験の場合 (図 2 (a))、表面のサビや汚れなどが映り込み、きずを判別することは難しい。一方、MO イメージングの場合 (図 2 (b)) は白黒のコントラストにより中央部にきずによる信号がはっきりと確認できる。これは、サビや汚れからは漏洩磁界は生じないため、きずから漏れる磁界のみが可視化される MO イメージングの特長である。

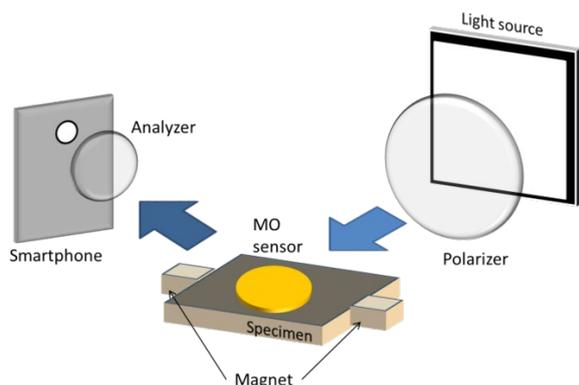


図 1. MO イメージングの光学系

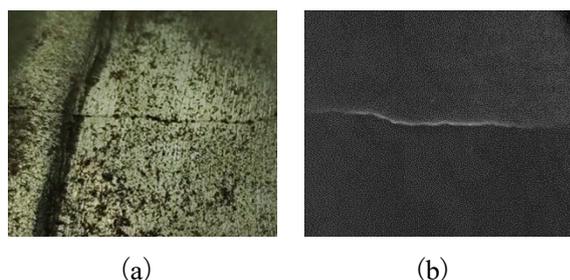


図 2. 非破壊試験結果の比較

(a) VT 試験、(b) MO イメージング

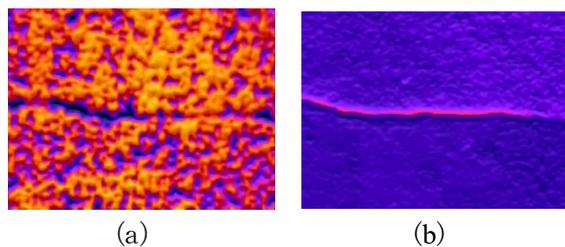
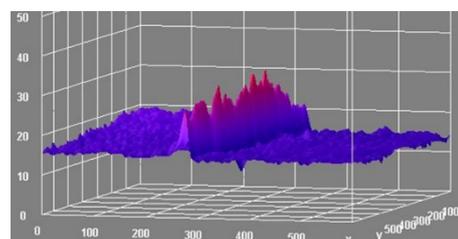


図 3. 画像処理を施した後の画像

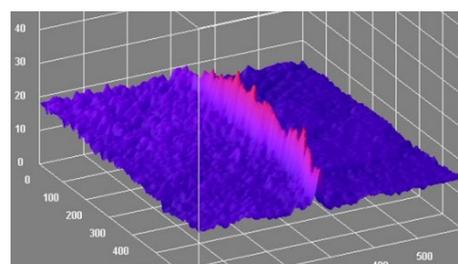
(a) VT 試験、(b) MO イメージング

図 3 にきずを視認しやすくするために画像処理を施した結果を示す。画像処理には、フリーソフトの ImageJ を利用した。VT 試験の場合はきずのみの信号を強調することが難しく画像処理前と大きな違いはないが、MO イメージングの場合は、よりはっきりときずが識別できることがわかる。

図 4 に画像処理によって解析したきずの信号強度の 3D マッピング分布を示す。MO イメージングでは、このように得られた画像から容易に強度分布が解析できる。この強度分布は漏洩磁界強度に依存するため、逆解析的にきずの深さといった 2D イメージからは得られない情報を解析することが可能であり、MO イメージングの有用性が示された結果である。



(a)



(b)

図 4. 画像処理による MO イメージの解析結果  
(a) 画像処理によって得られるきずの信号強度、  
(b) 同じ結果を別の角度から表示した結果

### 4. まとめ

本稿では、これまでに実施した MO イメージングの事例について紹介した。MO イメージングは、一般的にはまだ認知されておらず、JIS 等の検査規格も整備されていないため発展途上ではあるが、魅力的な手法であり、今後、大きな注目を集めるような技術へと発展することを期待している。

### 謝辞

本研究は、科研費 (基盤研究 C(24K07583)、若手研究 (19K14851)、及び NEDO(若サポ事業(JPNP20004)) による支援により実施されました。研究にご協力いただいた東海検査エンジニアリング株式会社に深く感謝を申し上げます。

鈴鹿高専の研究者紹介

## アコースティック・エミッション法による プレス加工の異常検知と工場 DX 化の取り組み

### 遠藤 健太 (Kenta Endo)

鈴鹿工業高等専門学校

所属学科：電子情報工学科 助教

所属学会：日本数学会、日本高専学会、電気学会

日本計算工学会、日本非破壊検査協会

### 研究分野

解析的整数論

非破壊検査工学



### 使用・応用分野

- ゼータ関数の値分布論
- 渦電流探傷試験
- アコースティック・エミッション法

### キーワード

ゼータ関数の普遍性定理、渦電流試験、  
数値シミュレーション

## 1. はじめに

著者は、2024年4月からアコースティック・エミッション法(AE法)によるプレス加工の異常検知と工場DX化に取り組んできた。研究開発は、テクノプラザ会員企業のダイソウ工業株式会社と共同で進めている。5年生の卒業研究では、「高専ワイヤレステックコンテスト2024(WiCON2024)」の地域連携先企業としてもご協力いただき、産学官連携、国際交流、学生教育を含めた教員研究活動を行ってきた。WiCON2024の活動では、実証実験費を獲得し、本選出場も決定した。執筆時点では、3月の本選に向けて学生と研究を精力的に進めている状況である。本稿では、これら1年間の教育研究活動を総括的に紹介する。

## 2. 研究の背景・目的

プレス工場では、プレス加工不良が生じる。例えば、被加工材料を打ち抜いたあとの抜きカスが、何かしらの原因で金型のダイに残ってしまう現象をカス上がりといい、プレス加工では大きな問題となっている。金型に異常が発生すると不良品を大量に生産してしまうため、異常をいち早く発見し、生産ラインを止めて機械をメンテナンスする技術が求められている。順送プレスでは、カス上がりを検知するために渦電流式の下死点センサがよく使われている。このセンサで測れるのは距離

のみであり、異常の種類判別などが困難である。一方で、AE法は一次的現象を捉えることが可能であり、詳しい波形データを取得できることが知られている[1, 2]。本研究の目的は、ワイヤレスIoT化したAE実験システムによる異常プレス加工での工場DX化である。開発したシステムの概要と研究室で行ったいくつかの実験結果について述べる。

## 3. アコースティック・エミッション法

図1にアコースティック・エミッション法の原理を示す。材料が破壊・変形されるとき、材料に蓄えられていたエネルギーが超音波領域の弾性波(AE波)として放出する現象をアコースティック・エミッションという。この弾性波は、AEセンサの電圧信号として検出できる。AEセンサには、加えられた圧力を電圧に変換する圧電素子が用いられている。このセンサを利用した検査法をアコースティック・エミッション法(AE法)という。

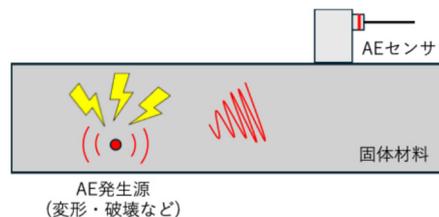


図1 AE法の原理

#### 4. 実験システム

図2に開発した実験システムを示す。広帯域 AE センサ(AE-900S-WB)をセンサ用マグネットフォルダ(AE-991M)を用いて金型に取り付ける。AE センサに繋いだ AE 計測器(AE テスタ AE9501B)から得られる電圧信号をオシロスコープ(Analog Discovery 2)で取得し、それを小型コンピュータ(Raspberry Pi4B)で取得する。また、Docker で InfluxDB コンテナと Grafana コンテナを立ち上げる。時系列データベースである InfluxDB にデータを保存し、そのデータを Grafana で可視化する。小型コンピュータは、遠隔地から SSH 接続で操作する。

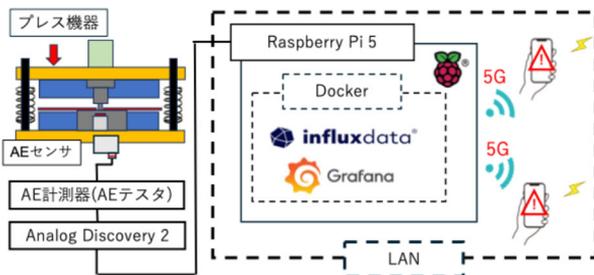


図2 実験システムの概要図

#### 5. 実験方法

油圧式プレス機と打ち抜き用の金型で実験を行った。図3は、プレス機と金型に AE センサを取り付けた様子である。試験片を乗せる金型部品をダイ、加工前に試験片を押さえる金型部品をストリップという。試験片をダイに乗せた後に圧力をかけて、ストリップで試験片を押さえつけた状態にする。この状態から測定を開始して、試験片を打ち抜いたときに発生する AE 平均値電圧を取得する。サンプリングレートは約 3200[S/s]である。

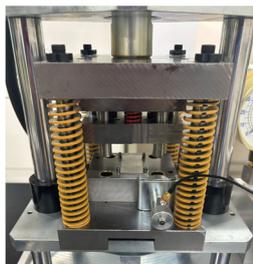


図3 AE センサを取り付けたプレス機器

#### 6. 実験結果

正常パンチで打ち抜きプレス加工を行ったときの AE 波形を図4に示す。ピーク値の周りの波形は、頂点が2つに割れていることわかる。



図4 正常パンチのときの波形

図5に正常パンチの角部分を摩耗させたもので打ち抜きプレス加工を行ったときの AE 波形を示す。ピーク値周りの波形は、正常パンチの場合とは異なり尖った形になっていることがわかる。これは摩耗により抜きカスとダイの摩擦面が増加したためと考えられる。



図5 摩耗パンチのときの波形

#### 7. まとめ・今後の展望

研究室の実験で正常パンチと摩耗パンチによる打ち抜き加工時の AE 波の違いを捉えることができた。実証実験でも AE 波の取得に成功している。今後は、異常加工が発生したときにアラートを知らせる機能を実装する予定である。

#### 謝辞

ダイソウ工業株式会社の皆様には、研究の打ち合わせ、実験室用金型の製作、実証実験の手配等で卒研生、フィンランド留学生を含め大変お世話になりました。この場を借りて感謝申し上げます。

#### 【参考文献】

- [1] 村尾増昭, 榊原 誠, 鈴木春夫, 横川敦俊, 「AE 法によるプレス加工状態監視技術の開発」, デンソーテクニカルレビュー Vol.9, No. 1, 2024.
- [2] 「AE と型寿命因子との関係性の評価」, 塑性と加工(日本塑性加工学会論文誌), 第 65 巻, 第 759 号, 2024.

鈴鹿高専の研究者紹介

## 反応活性基をもつ両親媒性化合物の 合成と性質に関する研究

### 高倉克人 (TAKAKURA, Katsuto)

鈴鹿工業高等専門学校  
生物応用化学科 教授  
所属学会：日本化学会・日本油化学会

### 研究分野

有機化学



### 使用・応用分野

1. 有機合成
2. 人工二分子膜

### キーワード

両親媒性化合物、自己集合

### 1. 研究の背景

親水的な極性基に疎水的な長鎖アルキル基の結合した両親媒性化合物は、固有の臨界濃度以上の水溶液中で自己集合することにより会合体を形成することが知られています。このような会合体の形態は両親媒性化合物のもつ親水部と疎水部の大きさのバランスに依存しており、比較的親水部が大きい両親媒性化合物はミセルを、疎水部が大きい両親媒性化合物は細胞膜に類似した二分子膜を形成する傾向にあります<sup>1)</sup>。すなわち、水中で両親媒性化合物の親水部-疎水部のバランスが自発的に変化するような化学反応系を設計・構築することは、生体を形成するものとは全く素性の異なる人工的な化合物を用いた動的細胞モデルの構築に資するものと考えられます。

### 2. 水中で自発的に進行する両親媒化合物間長鎖転移反応系の開発

上に述べた背景より、私たちの研究室では、水中で1本鎖型両親媒性化合物から2本鎖型両親媒性化合物が生成するような化学反応系を設計し、これに基づき有機合成した化合物を合成の水中での反応挙動と会合体の形態変換について研究しています。例えば、疎水鎖の中にイミン結合をもつ1本鎖型両親媒性化合物 ( $N_1$ ) と親水基の近くにホルミル基 (アルデヒド基) をもつ1本鎖型両親媒性化合物 ( $N_2$ ) との間で長鎖アルキルアミンの転移が起こり、2本鎖型両親媒性化合物 ( $V$ ) が生成する反応系を構築し、2本鎖型化合物が増えてい

くことにより反応混合物の形成する会合体がミセルから二分子膜が袋状に閉じたベシクルに形態変換することを見出しています (図1)<sup>2)</sup>。この転移反応は  $N_1$  の加水分解反応と、この反応により生じる長鎖アルキルアミンと  $N_2$  との脱水縮合反応が連続的に起こるにより進行しますが、これは、1段階目の加水分解で生じる非両親媒性の電解質  $E$  が反応場である会合体の内部からバルクの水相に放出されることにより全体として転移反応生成物 ( $V+E$ ) の生じる側に平衡が偏ることに起因します。

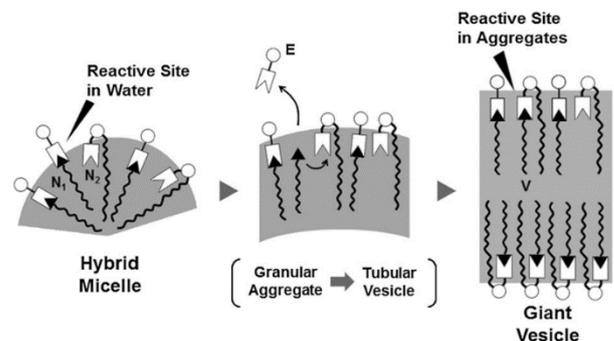


図1. 両親媒性化合物間長鎖転移反応の概略

また、この反応系で見いだされたコンセプトを基盤する反応系として、共有結合の切断/開裂ではなく非共有結合的な相互作用である水素結合の交代にもとづく転移反応系が最近見いだされています。この系では、末端にイソチオウロニウム基 ( $-SC(NH_2)_2^+$ ) をもつ電解質  $E'$  と長鎖カルボン酸イオンが電荷支援型水素結合により付加結びついた付加体  $N_1'$  と親水基の近傍にイソチオウロニウム基をもつ両親媒性化合物  $N_2'$  との間で水素結合が

交代し、2本鎖型構造をもつ  $N_2'$  と長鎖カルボン酸イオンとの付加体  $V'$  と電解質  $E$  が生成することになります。

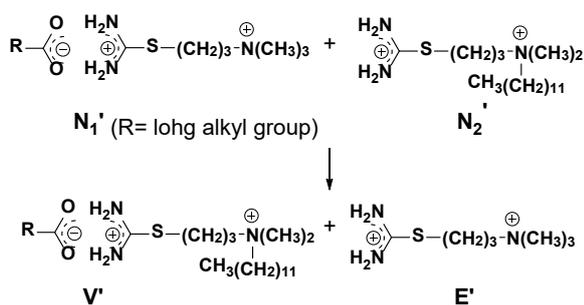


図2. 水素結合の交代に基づく長鎖転移

実際に化合物  $E'$  と  $N_2'$  を合成しこれらと長鎖カルボン酸塩を用いて転移反応 ( $N_1' + N_2' \rightarrow V' + E'$ ) の挙動を  $^1H$  NMR スペクトルの変化から調べたところ、化合物  $E'$  と長鎖カルボン酸塩はそれぞれ図3(a)、3(b)に示す  $^1H$  NMR スペクトルを与え、さらに  $E'$  とカルボン酸塩を等量混合するとスペクトルは幅広化しました (図3(c))。これは、混合溶液中で  $E'$  のイソチオウロニウム基とカルボン酸イオンとの電荷支援型水素結合により  $N_1$  が生成したことを支持しています。つづいてこの混合溶液に  $N_2$  を当量添加すると、 $N_2$  由来のシグナルが幅広化するとともに、 $E$

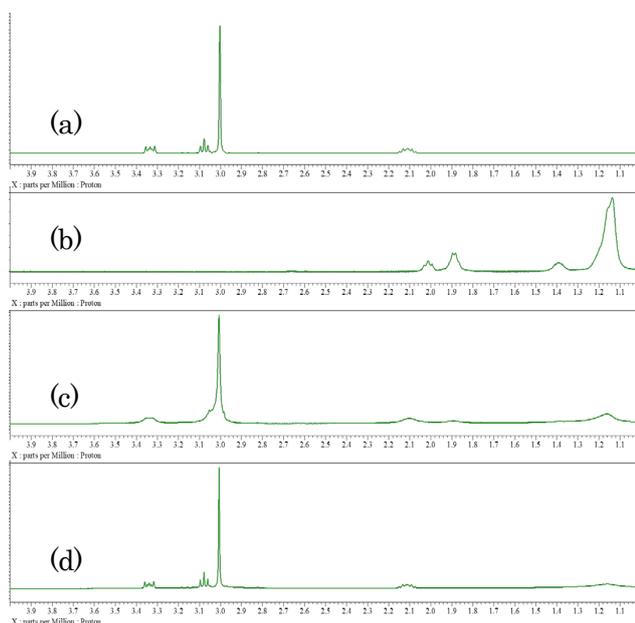


図3. 重水溶液の  $^1H$  NMR スペクトル (各 10 mM)

- (a) 化合物  $E'$ , (b) 長鎖カルボン酸塩,  
(c)  $E'$  と長鎖カルボン酸の当量混合物  
(d) (c)に1当量の  $N_2'$  を添加した溶液

に帰属されるシグナルが鋭い線形に回復しました

(図3(d))。この結果は、 $N_2$  の添加による  $E$  とカルボン酸イオンとの間の相互作用の消失、すなわちイオン対の交代にともなう長鎖カルボン酸イオンの転移 ( $N_1' + N_2' \rightarrow V' + E'$ ) が起きたことを示しています。前述した長鎖アミン転移反応に比べると、水素結合の交代にもとづく長鎖転移は著しく速やかに起こるという特徴をもっています。これは、水素結合の開裂や形成の際にやり取りされるエネルギーが共有結合の場合よりも小さいためであると考えられます。また、 $N_2'$  を添加した後の溶液の光学顕微鏡像にはベシクルが多数観られることも確認されました (図4)。この結果からも、長鎖カルボン酸イオンの転移により会合体中で2本鎖型構造の付加体  $V'$  が増えたことを支持しています。

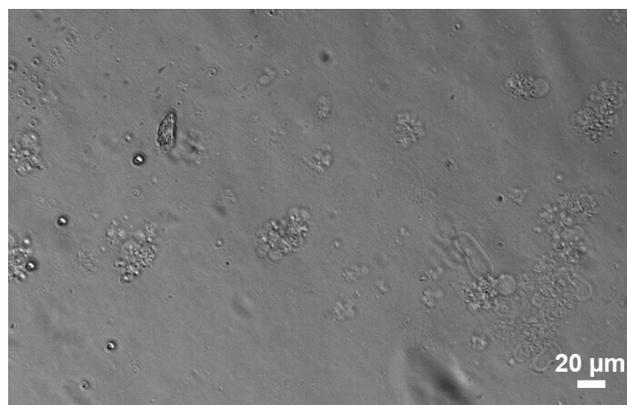


図4. 反応生成物の溶液中に観られた巨大ベシクル

### 3. 終わりに

今回紹介した反応系は、ベシクル膜構成分子の前駆体を“養分”とみなしてベシクルに与えると、ベシクル内で膜構成分子の生産に同期して同じ組成のベシクルが増殖する動的細胞モデル (自己複製ベシクル) への応用が期待されます。卒研生とともに、このようなモデルの構築を進めて今後も研究に利組んでいきたいと思ひます。

### 4. 参考文献など

- 1) I. N. Israelachvili, *Intermolecular and Surface Force*, 3rd ed., Academic Press, London, 2011.
- 2) K. Takakura, T. Yamamoto, K. Kurihara, T. Toyota, K. Ohnuma, T. Sugawara, *Chem. Commun.*, 2014, 50, 2190.
- 3) 堂本泰晴, 谷口文音, 高倉克人 第62回日本油化学会年会 講演番号 OP05.
- 4) 菅原正, 木村榮一 共編 「超分子の化学 (裳華房)」 第6章.

鈴鹿高専の研究者紹介

## 金属積層造形した Ni 基耐熱合金の耐久性評価

## 黒田 大介 (Kuroda Daisuke)

鈴鹿工業高等専門学校

材料工学科 教授

所属学会：日本熱処理技術協会 他 6 学協会

## 研究分野

熱処理

機械的特性評価

## 使用・応用分野

1. 宇宙航空用金属材料
2. 金属積層造形技術

## キーワード

疲労寿命予測  
力学的耐久性評価



今年度のテクノプラザ総会では、本学に産学協働研究室(K-Team)を設置いただいているミズノテクニクス株式会社とエイベックス株式会社との取り組み、宇宙航空研究開発機構(JAXA)との共同研究などについてご紹介しました。本稿では、JSPS 科研費基盤研究 (C) (課題番号 21K03783) の助成を受けて取り組んでいる人工衛星用金属材料の耐久性評価についてご紹介いたします。

## 1. はじめに

Ni 基耐熱合金の 1 つである 625 合金(Ni-22-23 mass%Cr-8-10 mass%Mo)は優れた高温強度、靱性、耐食性などを有するため、化学工業、航空宇宙などの幅広い分野で使用されている。また、シミュレーションにより最適化された複雑形状製品をコンピューター支援設計(Computer Aided Design : CAD)データに基づいて一体成形することで軽量化、高機能化、低コストなどを実現できる様々な種類の金属による積層造形技術 (Additive Manufacturing : AM)が注目されている。本技術を Ni 基耐熱合金に適用し、人工衛星の姿勢制御装置(スラスタ)、ロケットエンジン部品などの製造が開始されている。しかし、金属積層造形技術では金属粉末を局所的な急速溶解・凝固を繰り返して構造体を成形するため、構造体表面には微細な凹凸が生じる。また、レーザー粉末床熔融結合法(Laser Powder Bed Fusion: LPBF)では構造体内部に残留応力が生じる。さらに、小型人工衛星に搭載される一液触媒式スラスタは、推進剤であるヒドラジン(N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)を触媒層で分解することで推進力を発

生させるが、作動時にはスラスタ内部は N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub> を含む 900℃以上の分解ガスに暴露される。人工衛星の寿命は、周回衛星では 2 から 5 年、静止衛星では 7 から 15 年であり、人工衛星の機能と寿命を保証するためにも、スラスタには高い力学的信頼性が求められる。

本研究室では JAXA と共同で、LPBF により作製した 625 合金の構造体に対してスラスタ作動環境を模擬した熱処理などを施し、力学的信頼性を評価している。以下にいくつかの研究結果を紹介する。

## 2. 熱処理による 625 合金構造体のマイクロ組織と残留応力の変化

図 1 に示す積層方向で作製した後にひずみ取り熱処理した 625 合金板材に対して図 2 に示す熱処理を施した。熱処理前後のマイクロ組織と残留応力を測定した。幅(w)方向に積層した試料を VEH、長さ(l)方向に積層した試料を LEH、パウダーベッド(PB)に対して 62° 傾斜させて積層した試料を SH と示す。図 3 に VEH の熱処理前後のマイクロ組織の結晶方位(IPF)マップを示す。t-l 面は積層造形方向

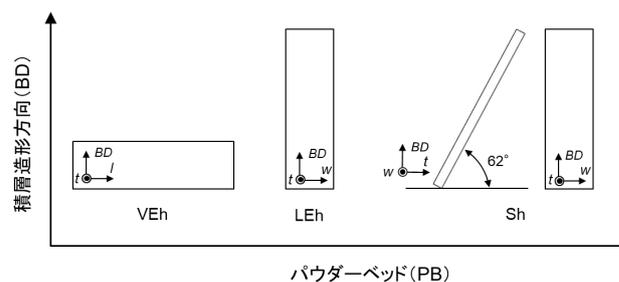


図 1 板材の積層造形方向と試料名

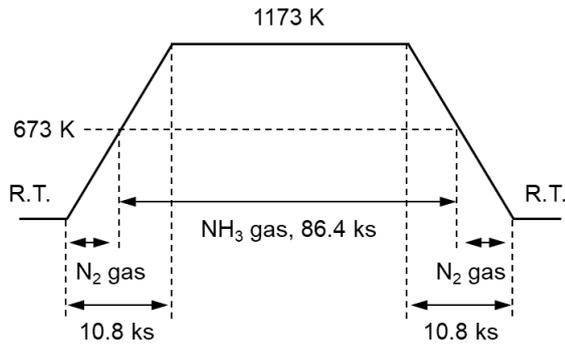


図2 熱処理工程図 (R.T.は室温)

に直角な面、t-BD 面は積層造形方向に平行な面であり、積層造形ままの t-BD 面では主に<001>方向に優先結晶配向した異方性の高い集合組織となっている。また、t-l 面と t-BD 面のマイクロ組織の形態も大きく異なる。これは面心立方構造の金属材料を積層造形した際に現れる特徴的なマイクロ組織である。一方、1173K の NH<sub>3</sub> ガス中で 86.4 ks 保持の熱処理を施した試料のマイクロ組織は従来の展伸材とほぼ同等の等軸組織に変化し、優先結晶配向した柱状組織の消失と結晶方位がランダムに配向した再結晶粒が明確に確認できる。

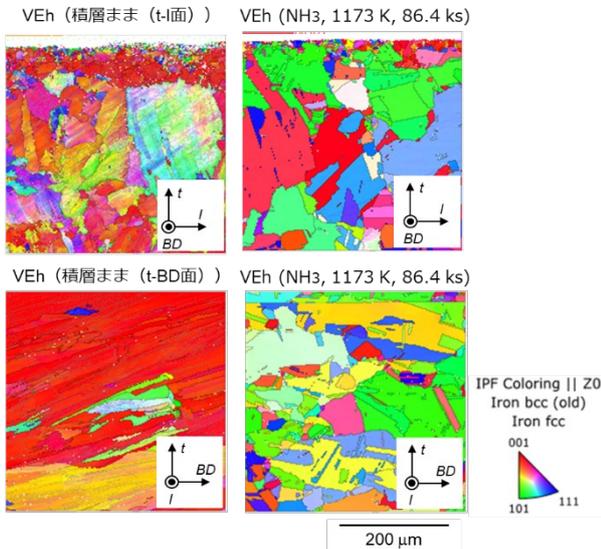


図3 熱処理前後の VEH の IPF マップ

Cos α 法で測定した熱処理前後の板材の残留応力を図4に示す。VEHについては積層条件最適化後に作製した試料であるため、積層造形ままの状態での残留応力測定は実施していない。積層造形後の Sh と LEh では比較的大きな引張方向の残留応力が生じていたが、ひずみ取り熱処理により残留応力は大幅に減少した。この傾向は VEH でも同

様であると考えられる。また、1173K の NH<sub>3</sub> ガス中で 86.4 ks 保持の熱処理を施した Sh と LEh では圧縮方向の残留応力が増加した。残留応力の増加には、熱処理により析出した Ni<sub>3</sub>Nb(δ)相が寄与していると考えられる。

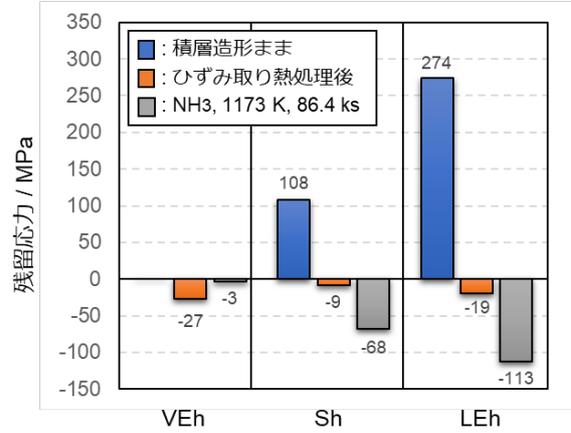


図4 熱処理による残留応力の変化

### 3. スラスタ作動実環境での耐久性評価

積層造形後に熱処理することで、マイクロ組織と残留応力が変化した。これは、900℃付近での推力発生を繰り返すたびに積層造形した構造体の力学的耐久性が刻々と変化することを示している。さらに、加熱と冷却の体積膨張の変化による熱疲労、積層造形材の表面性状が平滑でない場合には表面き裂発生による疲労特性の低下も考慮しなくてはいけない。本研究室では、疲労試験機、真空ポンプ、ハロゲンスポットヒーターなどを組み合わせた耐久性評価装置(図5)を構築し、実環境中でのスラスタの寿命予測に取り組んでいる。



図5 構築したスラスタ耐久性評価装置

## 令和6年度産学官連携活動実績報告

### ◆みえアカデミックセミナー2024

(令和6年7月13日,三重県生涯学習センター)

- ・三重と最先端技術のつながり  
- 人工衛星の低コスト化と長寿命化への貢献 -  
材料工学科 教授 黒田 大介

### ◆高専で学ぶ！女性のための情報セキュリティ講座

(令和6年9月5日・12日・19日,本校)

- ・第1週情報セキュリティの基礎1(身近な脅威と対策)
  - ・第2週情報セキュリティの基礎2(ネット利用と法律1)
  - ・第3週情報セキュリティの基礎3(ネット利用と法律2)
- 電子情報工学科 教職員チーム

### ◆すずか市民アカデミー『まなべル』

温故知新～新たな未来に向かって～

- ・「ゲーミング」により費用分担問題を解きましょう  
(令和6年9月21日,本校)  
電気電子工学科 教授 川口 雅司
- ・温故知新、シェイクスピアを知る！ (令和6年11月9日,本校)  
教養教育科 准教授 松尾 江津子

### ◆第16回SUMS-NITS医工連携研究会

(令和6年10月17日,オンライン開催)

- ・磁性ナノ粒子の可能性と今後の展開  
電気電子工学科 准教授 橋本 良介

### ◆鈴鹿少年少女発明クラブ「サイエンスフェア」

- ・理科の仮説検証型実験学習 (令和6年10月26日,本校)  
材料工学科教職員チーム

### ◆リコチャレ2024

(令和6年11月9日,鈴鹿市男女共同参画センター)

- ・変幻自在のプラスチック素材！UVレジンやブラカップで  
オリジナルアクセサリー作りに挑戦！  
機械工学科教職員チーム

### ◆鈴鹿高専テクノプラザ企業交流会

(令和6年12月18日,本校)

- ・高専教員からの話題提供1  
AE 波形計測によるプレス加工時の異常検知と工場 DX 化  
の取り組み  
電子情報工学科 助教 遠藤 健太

- ・高専教員からの話題提供2

東京化成工業株式会社との産学連携研究紹介

—フロー合成を基盤にした有機合成条件  
最適化装置の開発—

生物応用化学科 教授 高倉 克人

### ◆鈴鹿高専テクノプラザ「生成AI講座」

(令和6年5月15日～令和7年1月22日(全15回),本校)

- ・第1回 5月15日 生成AIとは
- ・第2回 5月22日 生成AI強み、弱み
- ・第3回 5月29日 プロンプト概論
- ・第4回 6月19日 プロンプト演習
- ・第5回 7月3日 高度なプロンプト解説
- ・第6回 7月17日 高度なプロンプト演習
- ・第7回 7月31日 6回までの講義のまとめ・振り返り
- ・第8回 10月2日 生成AIを活用して実現したい課題の抽出(企画)
- ・第9回 10月9日 生成AIを活用して実現したい課題の抽出(企画)
- ・第10回 10月30日 課題の改善策を創造する(設計)
- ・第11回 11月13日 課題の改善策を創造する(設計)
- ・第12回 12月4日 課題の改善策を創造する(設計)
- ・第13回 12月18日 成果発表準備
- ・第14回 11月15日 成果発表
- ・第15回 11月22日 成果発表の振り返り・評価

## 行事予定

令和7年3月5日	◆第17回SUMS-NITS医工連携研究会	(本校)
令和7年3月14日	◆鈴鹿高専せれんでクラブ講演会	(本校)
令和7年3月24日	◆令和6年度教育研究実施経費(校長裁量経費)報告会	(本校)
令和7年5月予定	◆鈴鹿高専テクノプラザ総会	(本校)

## 編集後記

本校のホームページでは、「フォト広報」として、学校行事の様子や、さまざまな分野で活躍する学生の姿、さらには教職員が携わる地域活動や研究活動の一端を紹介しています。また、「技術便り」では、国際的に活躍する技術者の育成に関わる事業や、新たに始まった教育プログラム、研究活動について取り上げています。これらを通じて、鈴鹿高専が目指す「グローバル化」と「地域特性を生かした教育・研究の発展」を感じていただければ幸いです。(生物応用化学科 准教授 小川亜希子)



---

# NIT, Suzuka College Technology Newsletter

お問い合わせ・ご質問・ご要望は下記までお願いします。

〒510-0294 三重県鈴鹿市白子町

独立行政法人国立高等専門学校機構 鈴鹿工業高等専門学校 総務課総務企画係

TEL 059-368-1717 FAX 059-387-0338

E-mail : [chiiki@jim.suzuka-ct.ac.jp](mailto:chiiki@jim.suzuka-ct.ac.jp)

令和7年2月25日発行

---