

寒地先端材料研究所の紹介

Introduction of Laboratory of Advanced Materials for Cold Region

見山 克己

Katsumi MIYAMA

概要

本学では地域的特性に着目した研究を展開することを目的として、従来の垣根を越えた学部学科横断型の研究を推進するため、2015 年度までに 4 つの研究所を設立した。現在、「寒地未来生活環境研究所」「北方地域社会研究所」「北の高齢社会アクティブライフ研究所」「寒地先端材料研究所」の 4 研究所が活発に活動中である。2017 年度には、寒地未来生活環境研究所・北の高齢社会アクティブライフ研究所・寒地先端材料研究所の 3 研究所が推進する研究テーマと北方地域社会研究所の地域連携からなる研究提案が文部科学省「私立大学研究ブランディング事業」に北海道内「初」かつ「唯一」選定された。これにより、「北国高齢社会の生活カウンセラー（北国生活環境科学拠点）」を目指して、北国の暮らしを豊かにする研究・開発を行っている。本稿では、寒地先端材料研究所について、上記事業も含め、その概要と研究活動を紹介する。

1. はじめに

北海道科学大学寒地先端材料研究所は、ものづくりの基盤である先端材料・材料加工領域、半導体・電子デバイス材料領域および建築構造材料領域の研究拠点を形成し、寒冷地に適合する先端材料およびその技術に特化した研究グループの構築とその活性化を目的に、2015 年 4 月に設立された。英語名称は Laboratory of Advanced Materials for Cold Region であり、前半の頭文字をとって「LAM」と略称される。2017 年度からは、保健医療分野の装具材料に関する研究分野を加えた。寒地先端材料研究所は、本学が位置する北海道の地域特性に立脚し、機械・建築などのものづくり材料系、半導体・電子デバイス材料系、保健医療系の各領域で生じる、材料を取り巻く様々な課題を解決するため、本学が有する知的・人的資源を有効に活用し、地域社会や人への貢献に寄与することを目指している。このために掲げた活動重点項目は以下の通りである。

- (1) 寒冷地における利用とその特有課題を想定した先端材料、半導体・電子デバイス材料、建築構造材料およびその技術に関する基礎・応用研究の推進
- (2) 先端材料の工夫から想定される自然エネルギー

ーと省エネルギーに貢献するエネルギー材料や保健医療系分野の生体材料に関する基礎・応用研究の推進

- (3) 全学共通利用施設（SEM-EPMA, XRD, 蛍光 X 線分析装置、携帯型成分分析計など）を効果的に活用し、研究の質の向上のための高度な材料分析支援
- (4) 産学官との連携を推進し、地場企業のニーズや将来展望を見据えた共同研究を通じて、「ものづくり」と「地域づくり」を一体化した「実学的な知の拠点」の実現
- (5) 研究を通じた実学的学びを地域産業の活性化に活かそうとする人材の育成

当研究所は、2019 年 4 月現在、機械工学科の材料・加工系、建築学科の建築構造物系、電気電子工学科の電子デバイス材料系、保健医療分野の義肢装具学科、短期大学部自動車工学科の研究者で構成され、計 10 名が所属している。研究所組織と所属学科を図 1 に示す。これら異分野で材料や加工に関わる研究員が共同で、あるいは単独で様々な研究テーマに取り組んでいる。最新研究内容について、次章以降で紹介する。

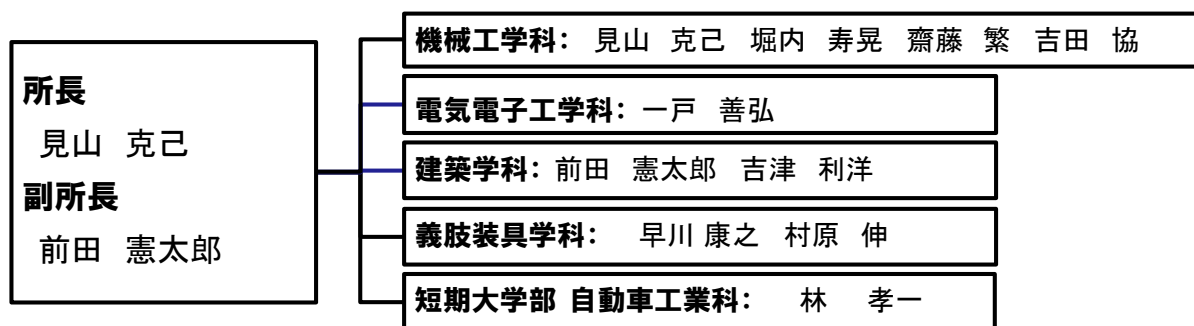


図1 寒地先端材料研究所組織図

2. 研究内容の紹介

当研究所では、金属材料の評価だけではなく装具用樹脂材料に対する寒冷環境の影響や、北海道独自の耐環境性評価、また材料の信頼性保証に関わる研究テーマに取り組んでいる。過去に取り組んだものも含め、当研究所の研究テーマを下記に紹介する。

2-1 短下肢装具の寒冷地での安全使用に必要な材料物性に関する基礎研究

本テーマは、前述の「私立大学研究ブランディング事業」の一環で取り組んでいる研究テーマである。本研究の目的は、寒冷地を生活・活動圏とする装具使用者の安全確保および生活・活動圏の拡大のために、装具の主材料である高分子化合物（ポリプロピレン）の機械的性質を、低温曝露による材料劣化、装具製作条件および材料の諸物性の観点から明らかにし、安全性に関する知見を整備することである。対象としては図2に示すような短下肢装具を想定した。

これまでの成果として、紫外線の影響を除いた環境での屋外低温曝露に関する知見および装具製作時の加熱・冷却条件による機械特性の変化を示唆す

る知見を得ることができた。

2018年度は、定量的で再現性のある結果を得るために、加熱条件検討用のオープンおよび冷却条件検討用の小型環境試験器等を導入し、装具製作を想定した種々の条件でポリプロピレン試料を作製し、機械特性の評価・分析を行った。

研究成果の詳細については、本号掲載の論文「ポリプロピレン製短下肢装具の寒冷地での安全使用に必要な材料物性に関する基礎研究」を参照されたい。

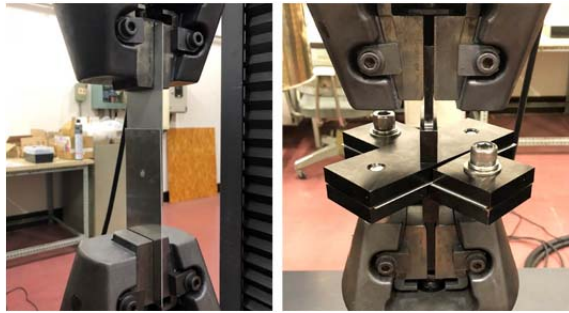
2-2 異種材料接合における界面反応生成物制御と寒冷環境における継手機械的性質

本研究では、主として鉄鋼材料とアルミニウム合金の異種材料の接合を取り上げ、主に抵抗スポット溶接における接合条件と接合強度・界面反応層の関係、および継手の機械的特性に寒冷環境が及ぼす影響について研究を進めてきた。特に、自動車の軽量化を目的としたマルチマテリアル化を背景として、自動車車体に用いられる亜鉛めっき鋼板と軽量素材であるアルミニウム合金を対象材料とした。2017年度までの成果として、めっき層の違いによる界面反応層の影響、電極形状・加圧力・通電時間の影響、電極極性と破断形態についての知見を得ることができた。この成果については、本号掲載の研究報告「自動車用亜鉛めっき鋼板とアルミニウム合金のスポット溶接」を参照されたい。

2018年度は引張モードの違いによる破断形態の違い（十字引張とせん断引張）、また寒冷環境における引張破壊挙動の違いについて評価を行った。せん断引張試験と十字引張試験を図3に示す。接合界面の破断強度を正確に測定する手段としては、十字引張試験が望ましいと判断できる結果が得られた。



図2 プラスチック製短下肢装具と成形プロセスのイメージ⁽¹⁾



a. せん断引張試験 b. 十字引張試験

図3 スポット溶接品の引張試験



図5 スタッド溶接

2-3 畜舎内腐食雰囲気における構造材曝露試験

北海道の地域特性として一次産業の比率が高いことが挙げられ、中でも酪農・畜産は牛の生育環境面で北海道が適地であり、その品質の高さから北海道製品は世界的にもブランド価値を高めている。一方で、酪農・畜産関連施設における建築構造部材の耐久性に関する研究報告はあまり見られない。本研究では、畜産関連施設における高湿環境や腐食ガスの影響が鋼材の腐食に与える影響を把握することを目的に、鋼材の表面仕上げを変数とした試験体の畜舎施設での曝露試験を行ってきた⁽²⁾。本研究は、江別市の酪農学園大学との包括連携協定に基づく共同研究であり、2016年から酪農学園大学の牛舎や糞尿処理施設を利用して曝露試験を実施してきた。図4に酪農学園大学牛舎と曝露した試験片を示す。

これまでの成果として、1~2ヶ月毎に曝露試験片の光沢度、膜厚の表面観察を行い、曝露後1.5年経過した段階では、JISに準じる仕上げを施した試験体は汚れが目立ってきており光沢度は低下しているが膜厚に大きな変化がなく、腐食はほとんど見られないことを確認している。この成果については、本号掲載の研究報告「畜舎内の腐食ガス環境下における鋼材の腐食に関する研究」を参照されたい。



a. 酪農学園大学畜舎 b. 曝露試験片

図4 畜舎内曝露試験

2-4 低温環境下で施工したスタッド溶接品の評価

スタッド溶接とは、建築構造材などにピンやねじを直接接合する工法である（図5参照）。北海道などの寒冷地において冬期間施工時には0℃以下となる場合があるが、このような場合にスタッド溶接を行う際は予熱処理を行うことが要求されている。しかしながら、冬場における作業環境において、材料に余熱を行う作業は必ずしも容易ではない。このため、実際の冬場作業環境で余熱無しの接合を行ったスタッド溶接品について評価を行った。試験片は、母材の板厚や形状および施工時の温度を変化させ、硬さ分布の測定を行うことで有意差の検証を行った⁽³⁾。

種々の条件で作製した接合試験片についてビッカース硬度分布を詳細に測定したところ、母材板厚25mm以下、施工温度が-10℃程度までの範囲では、溶接部の硬さについては大きな影響は見られなかった。詳細は、本号掲載の論文「スタッド溶接において施工温度、母材板厚が溶接部に与える影響」を参照されたい。

2-5 二相ステンレス鋼溶接部断面のミクロ組織学的特長に関する研究

二相ステンレス鋼とは、フェライト相とオーステナイト相がほぼ半々の比率となるように設計されたステンレス鋼のことをいう。強度と耐食性を両立させた材料であり、主にプラント用の材料として近年適用が進みつつある。この材料の溶接について、道内企業の技術者を学外研究員として迎え、2018年度より溶接部のミクロ組織に関する研究を進めている。本研究では、このファイバーレーザ溶接システムを用いて溶接した二相ステンレス鋼溶接部断面のミクロ組織について検討するとともに、溶接部の機械的性質についても比較・検討することを目

的としている。

2-6 サーモグラフィを用いた内在欠陥非破壊検出手法の基礎的検討

めっき・溶射・拡散皮膜等のコーティングは材料の高機能化に有効な手段であり、例えば近年では、ガスタービン等への超耐熱コーティングの実用化が進みつつある。コーティングの品質保証の観点から被膜自体や基材界面における欠陥検出技術が必要とされるが、複雑形状素材における皮膜欠陥を効率よく正確に検査できる非破壊検査技術はまだ確立されていない。赤外線サーモグラフィを用いた非破壊検査は、欠陥部と健全部における熱的物性の差異さえ存在すれば理論的には欠陥検出が可能であり、熱源を適切に選択すれば複雑形状製品への適用が可能と期待される⁽⁴⁾。本研究では、ファイバーレーザを加熱源にし、サーモグラフィと組み合わせて加熱冷却時の過渡応答を解析することで、材料の内在欠陥を任意の位置で検出し定量的に可視化することを試みた。本テーマの詳細は、本号掲載の論文「アクティブサーモグラフィ法を用いた材料欠陥の非破壊検出」を参照されたい。

3. シンポジウムやセミナー開催

研究所内での研究活動に加え、学外機関や他大学・企業との協働でシンポジウムやセミナーを開催している。下記にその内容を紹介する。

3-1 道総研協働セミナー

包括連携協定を締結している北海道立総合研究機構との協働セミナーを2017年10月31日に本学E401講義室を会場として開催した。セミナーでは北海道の地域特性を背景とした下記4件の講演があり、一般来場者を含め盛況なセミナーとなった。

- (1) プラスチック製装具の寒冷地での安全使用に必要な材料の性質について（寒地先端材料研究所 村原伸氏）
- (2) バイオマスを機能性材料へ～木質および水産廃棄物の活用～（苫小牧高専 甲野裕之氏）
- (3) 施工温度が建築構造物のスタッド溶接に与える影響について（寒地先端材料研究所 前田憲太郎氏）
- (4) 金属3Dプリンターによるものづくりの現状と研究紹介（道総研 鈴木逸人氏）

3-2 腐食防食基礎セミナー

（公財）腐食防食学会北海道支部との共催で、2019年2月22日に金属材料の腐食防食に関する基礎的なセミナーを開催した。このセミナーは、道内製造業の技術者を対象に、腐食現象の基本を理解して製品設計やメンテナンスに役立ててもらうことをねらいとした。企業からの一般参加者30名、本学の学生聴講をあわせて80名程度の参加者があり、盛況であった。セミナーは下記3件の講演と質疑応答で構成した。

- (1) 腐食防食の基礎としての電気化学（北海道大学 伏見公志氏）
- (2) 非鉄金属材料の腐食防食－銅・アルミニウムを中心に－（室蘭工業大学 境昌宏氏）
- (3) 鋼橋の防食に関する維持管理の現状（日鉄住金防蝕株式会社 今井篤実氏）

4. まとめ

寒地先端材料研究所の概要と、研究内容について簡単に紹介した。今後も材料や加工の観点から寒冷地特有の課題について取り組むとともに、地域の企業や公設研究機関との連携を深め、本学が目指す「実学的知の拠点」を実現していきたい。

参考文献

- (1) 一般社団法人日本義肢協会編：義肢・装具カタログ（2014）。
- (2) 前田憲太郎，高橋圭二，齋藤繁，田沼吉伸，見山克己：畜舎環境における鋼材の腐食に関する研究，一般社団法人北海道建築指導センターセンターリポート，Vol.47，No.1，pp.6-9（2017）。
- (3) 齋藤繁，前田憲太郎，田沼吉伸，見山克己，高島敏行：低温環境下でスタッド溶接した試験片における溶接部のマクロ組織と硬さ，北海道科学大学研究紀要，44号，pp.1-7（2018）。
- (4) Katsumi Miyama, Hiroyuki Tanaka, Yohei Sakuraba, Hideo Hoshina, Hideaki Aiyama, Tomoaki Nimura; “The application of thermo-graphic measurement to defect detection beneath a nano-micro scale surface finishing film”, JSNDI Fall Conference International Session (2015).