



学校法人金沢工業大学
革新複合材料研究開発センター
所長 鵜澤 潔

Kiyoshi Uzawa, Director
Innovative Composite Materials Research and Development Center
Kanazawa Institute of Technology

革新複合材料研究開発センター 所長あいさつ

環境適合型複合材料の社会実装に向けて
ーオープンイノベーションによる新たな展開ー

2025年度、ICCは内閣府「地方大学・地域産業創生交付金事業（CCIM）」を中核として、環境適合型複合材料による資源循環型サプライチェーンの構築と、デジタル技術を活用したものづくり技術の高度化に取り組んできました。天然由来素材やリサイクル炭素繊維（rCF）の活用を通じて、複合材料分野におけるサーキュラーエコノミーの実現を目指しています。

近年、複合材料には軽量・高強度といった特性に加え、環境負荷低減や資源循環への貢献が求められています。ICCでは、高圧水素タンク、液体水素タンク、洋上風力発電、次世代航空機など、カーボンニュートラル社会を支える成長分野を対象に、多様な産学官連携プロジェクトを推進しています。これらの活動は、複合材料の適用拡大だけでなく、新たな産業創出にもつながる重要な取り組みです。

また、産業技術総合研究所とのBILや、Fraunhofer IGCVとのFIP-MIRAI@ICCを通じて、地域・国内・欧州を結ぶ連携ネットワークが着実に広がっています。これまで構築してきた研究開発基盤とネットワークを活かし、研究成果を新たな技術、人材、産業の創出へとつなげるオープンイノベーションの段階へと移行しつつあります。その実現を支えているのは、複合材料の可能性を信じ、その普及拡大と産業化を志すICCスタッフです。単に研究を支援するのではなく、研究機関、企業、行政を結び付け、それぞれの強みを活かした共創を促進することで、新たな価値や事業の創出へとつなげています。こうしたコーディネート機能こそが、ICCの大きな強みとなっています。

ICCはこれからも、環境適合型複合材料の研究開発と社会実装を推進するとともに、地域と世界をつなぐ研究開発拠点として、持続可能な社会の実現に貢献してまいります。

Director Message

Toward the Social Implementation of
Environmentally Compatible Composite Materials
ー A New Stage of Open Innovation ー

In fiscal year 2025, ICC continued to advance environmentally compatible composite materials through the Cabinet Office's Regional University and Regional Industry Creation Grant Program (CCIM). Our efforts have focused on developing resource-circulating supply chains and advanced manufacturing technologies utilizing digital technologies. Through the use of naturally derived materials and recycled carbon fibers (rCF), ICC is contributing to the realization of a circular economy in the composites field.

Today, composite materials are expected not only to provide lightweight and high-performance solutions, but also to contribute to environmental sustainability and resource efficiency. To meet these demands, ICC is promoting industry-academia-government collaborative projects in growing sectors that support a carbon-neutral society, including high-pressure hydrogen tanks, liquid hydrogen tanks, offshore wind energy, and next-generation aircraft. These activities are driving both the expansion of composite applications and the creation of new industries.

Furthermore, initiatives such as the KIT-AIST Bridge Innovation Laboratory (BIL) and FIP-MIRAI@ICC with Fraunhofer IGCV have expanded our collaborative network across the region, Japan, and Europe. Building on this research infrastructure and these partnerships, ICC is entering a new stage of open innovation, translating research outcomes into new technologies, human resources, and industrial opportunities. This transformation is driven by dedicated ICC staff who believe in the potential of composite materials and are committed to their wider adoption and industrialization. By connecting research institutions, companies, and government organizations, they promote co-creation and generate new value and business opportunities. This coordinating capability is one of ICC's greatest strengths.

ICC will continue to advance both the research and social implementation of environmentally compatible composite materials. As an R&D hub connecting local communities with the global community, we remain committed to contributing to a sustainable society.



金沢工業大学 名誉教授
宮野 靖

Yasushi Miyano
Professor Emeritus, Kanazawa Institute of Technology

名誉教授あいさつ

金沢工業大学における複合材料研究の取り組み

日立製作所でプラスチック系複合材構造物の研究開発に取り組んでいた筆者が1977年に金沢工大の教授として着任した時から、金沢工大における複合材料研究が始まった。

1980年に金沢工大に材料システム研究所が開設された。研究所専用の建物や装置・設備を持たない組織だけの研究所であった。その開設趣旨は、「素材から始まって成形・加工・組立の製造工程を経て構造物になり使用過程を経て廃棄に至るまでの流れを材料システムと捉え、自然・社会・資源・経済環境の中でその最適化を計る」とするものであり、複合材料はその最適な研究対象であった。メンバーの大半は複合材料の強度の評価や解析を研究対象とする研究者で占められ、その議論の場として論文集「材料システム」を1981年に発刊し、年に1回の発行を継続し、現在も英文誌「Materials System」として発行を続けている。筆者は材料システム研究所のメンバーの一人として、複合材料の耐久性評価の研究を一貫して行ってきたが、去る3月に退職したものである。

2012年に東大から鵜澤 潔教授が金沢工大にご着任になり、文科省のCOIプログラムに応募して採択され、複合材料構造のプロセッシングを基盤とした開発に多くの業績を積み上げられ、現在のICCの発展を牽引する強力なリーダーをされていることは読者の良く知るところである。

このように、複合材料に関する様々な研究者が金沢工大に集まって、日本における複合材料研究の一大拠点になっている。

複合材料のプロセッシングの研究開発を主するICCに期待することは、ICCが中核となって複合材料の評価や解析を得意とする学内の研究者をも巻き込んで互いに切磋琢磨し、複合材料分野の研究における世界をリードする研究開発拠点に発展することである。

Composite materials research at Kanazawa Institute of Technology (KIT) was launched in 1977 when the author, who had been engaged earlier in research and development of polymer-based composite structures at Hitachi, Ltd., joined KIT as a professor.

In 1980, Materials System Research Laboratory was established at KIT. It was a research institute run solely by an organization that did not possess its own dedicated buildings, equipment, or facilities. It was a research institute run solely by an organization that did not possess its own dedicated buildings, equipment, or facilities. The founding philosophy of the laboratory was to regard the entire flow of materials as a “materials system”: from raw materials through molding, processing, and assembly into structures, to their use and eventual disposal. Given that perspective, we pursue optimization of that system within the contexts of nature, society, resources, and the economic environment. Composite materials have been regarded as an ideal subject for such research. The majority of the members were researchers whose research focuses on the evaluation and analysis of the strength of composite materials. Furthermore, to provide a forum for discussion in this field, the annual journal Materials System was first published in 1981. It continues to be published today. The author has conducted research on the durability evaluation of composite materials at KIT consistently for long years. He retired in March of this year.

In 2012, Professor Kiyoshi Uzawa joined KIT from the University of Tokyo. His work was selected for COI program of MEXT, through which he accumulated numerous achievements in development based on the processing of composite material structures. Readers will well appraise his strong leadership to the advancement of the current ICC.

In this way, researchers from widely diverse fields related to composite materials have assembled at KIT, building it into a major center for composite materials research.

It is the author's hope for the ICC, with its primary emphasis on research and development in composite material processing, that it will serve the field as a core organization bringing together on-campus researchers specializing in evaluation and analysis, thereby developing continuously into a world-leading research and development center for composite materials.



I 革新複合材料研究開発センターの概要

Overview of the Innovative Composite Materials Research and Development Center

学校法人金沢工業大学が設置する「革新複合材料研究開発センター（ICC）」は、設立12年目を迎えた。複合材料の適用技術を核として、研究開発、人材育成、産学官連携を一体的に推進し、国内外の研究機関および企業とのネットワークを拡大してきた。現在では複合材料分野における国際的な連携拠点としての役割を担うまでに至っている。

2025年度は、これまでの蓄積を背景にICCの活動が新たな段階へと進展した年である。特に、Fraunhofer IGCVとの連携による国内初の「FIP-MIRAI@ICC」の始動は、研究開発から事業化を視野に入れた国際共同研究の枠組みを具体化する大きな転機となった。また、産業技術総合研究所との連携（AdCom-BIL）においても、地域企業を巻き込んだ研究開発が着実に進展し、従来の研究支援にとどまらず、地域産業の高度化や新規事業創出へと結びつく動きが顕在化している。これにより、ICCは国際連携と地域連携を両輪とする独自の拠点としての位置付けを一層明確なものとした。

こうした活動を支える研究体制は、研究員・技師等の人員数が前年と同水準で推移しており、安定した運営基盤が維持されている。一方、メンバーシップ会員数は前年よりやや減少したものの、施設利用や共同研究は引き続き活発に行われている。特に、ICCの利用者数は着実に増加しており、前年度を上回る結果となった。研究利用に加え、企業関係者の来訪や見学、教育目的での利用など多様な利用が拡大しており、ICCが国内外から必要とされる拠点として存在感を高めていることが示されている。

さらに、ICCは研究拠点であると同時に人材育成の場としても重要な役割を担っている。大学院教育や社会人向け講義では理論と実践を融合した教育が行われ、学生と企業技術者が同一環境で学ぶことで高度な専門性を育成している。加えて、学生のRA参画や中高生を対象とした教育活動を通じて、次世代人材の育成にも継続的に取り組んでいる。

ICCは今後も研究・連携・人材育成を一体的に推進し、世界と地域を結ぶ複合材料のイノベーション拠点として、持続的な成長と価値創出を目指していく。

The Innovative Composite Materials Research and Development Center (ICC), established by the Kanazawa Institute of Technology, has entered its 12th year of operation. Centered on applied technologies for composite materials, ICC has promoted research and development, talent development, and collaboration among academia, industry, and government in an integrated manner. Through these efforts, it has expanded its network with research institutions and companies both domestically and internationally. As a result, ICC has established itself as an international hub in the field of composite materials. Fiscal Year 2025 marked a further step forward, building on accumulated achievements. In particular, the launch of “FIP-MIRAI@ICC,” the first initiative of its kind in Japan in collaboration with the Fraunhofer Institute for Casting, Composite and Processing Technology IGCV (Fraunhofer IGCV), represents a major milestone by establishing a framework for international joint research extending from research and development to commercialization.

Collaboration with the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) through the Bridge Innovation Laboratory for Advanced Composite (AdCom-BIL) framework has progressed steadily, involving regional companies and generating outcomes such as industrial advancement and new business creation. These efforts have strengthened ICC’s role as a hub for international and regional collaboration. The organizational structure remains stable, with staffing levels comparable to the previous year. Although membership has slightly decreased, facility use and joint research remain active. The number of ICC users has increased, with usage expanding beyond research to include industry visits and education, enhancing ICC’s presence domestically and internationally. ICC also contributes to human resource development through graduate and professional education, RA participation, and outreach activities.

Going forward, ICC will continue to promote research, collaboration, and human resource development in an integrated manner, aiming for sustainable growth as an innovation hub.

II 連携活動

Collaborative Activities

1 ICCにおける連携活動

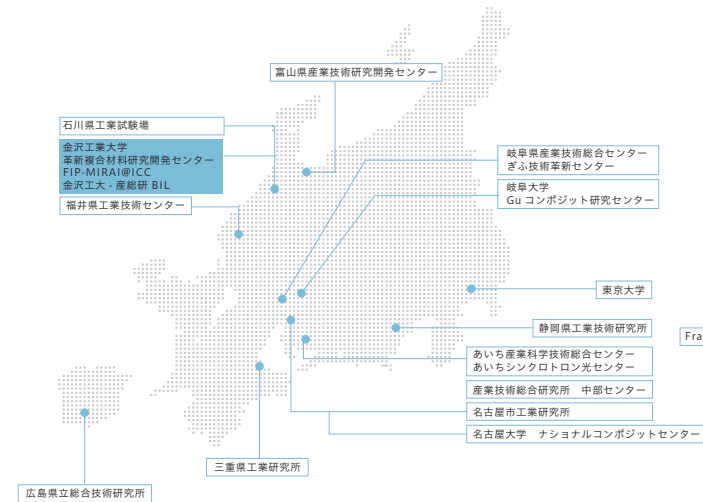
ICCは産業・社会への複合材料の幅広い適用に資する拠点として、産官学の連携ネットワークの構築にも積極的に取り組んでいる。その拠点機能を活かした取組として、産総研が2023年に開始した産学連携により産業界に貢献する制度、ブリッジ・イノベーション・ラボラトリ（BIL）における第1号のBIL拠点がICCに設置され活動している。さらに、内閣府の地方大学・地域産業創生交付金事業の採択を受け、「地域で培われてきた高度な繊維・機械加工技術を活かした“環境適合型複合材料”川中産業創出プロジェクト」の中心拠点として地域企業とともに活動を行っている。

2 国内における連携活動の展開

ICCでは、2025年度時点で67名の企業研究者がメンバーシップに登録しており、月1回程度のICCメンバーズフォーラムを継続して開催するなど、研究活動や意見交換の場を提供した。フォーラムでは、国内外から講師を招へいし、複合材料分野の最新技術や研究動向に関する講演・情報交換を実施した。特に、2025年2月、FIP制度で日本初となる研究・実証化拠点として所内に設置されたFIP-MIRAI@ICCの活動を通じて、Fraunhofer IGCV研究者による講演や、日独共同プロジェクトで来日したドイツ企業による紹介をWeb配信するなど、海外連携を活かした交流も展開した。

また、ICCに事務局を置くくろくり先端複合材料研究会（HACM）では、約50社の会員企業による活動が行われており、ICCはHACMとの共催により2年ごとに「くろくりコンポジットカンファレンス」を開催している。2026年2月開催の第4回カンファレンスでは、100名を超える参加者による活発な交流を進めることができた。

連携構築を促すイベントの他、コロナ禍を契機に創刊した



日本国内のネットワーク



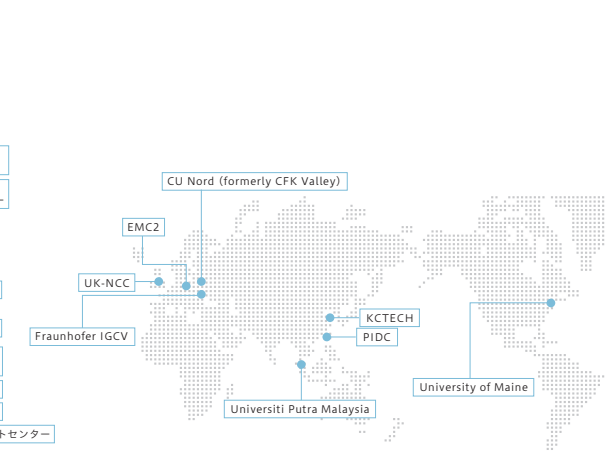
田中 順二
Junji Tanaka
斉藤 義弘
Yoshihiro Saito
松田 乃理子
Noriko Matsuda
干場 聡子
Satoko Aoshiba

1 Collaborative Activities at ICC

ICC is actively engaged in building collaborative networks among industry, government, and academia, serving as a hub that promotes the wider-ranging application of composite materials across industry and society. Leveraging its capabilities as such a hub, the first Bridge Innovation Laboratory (BIL) site—a program launched by AIST in 2023 to contribute to industry—has been established at ICC. Furthermore, following its selection for the Cabinet Office’s Regional University and Regional Industry Creation Grant, ICC is serving as the central hub for the project in collaboration with local companies.

2 Development of Collaborative Activities within Japan

As of FY2025, 67 corporate researchers had joined the ICC membership program and ICC continued to provide opportunities for research activities and the exchange of views, including by holding the ICC Members’ Forum approximately once a month. The forum invited lecturers from both Japan and abroad to give presentations and exchange information on the latest technologies and research trends in the field of composite materials. In particular, through the activities of FIP-MIRAI@ICC, established within ICC in February 2025 as Japan’s first research and commercialization hub under the FIP system, exchanges leveraging international collaborations were also developed, such as web-streaming lectures by Fraunhofer IGCV researchers and presentations by German companies visiting Japan as part of a joint Japan-Germany project.



ICCの国際的なネットワーク

ICCメンバーシップ会員向け月刊情報誌「ICC Innovative Edge」は、本年度で7年目を迎えた。最新の研究活動や成果に加え、イベント情報や欧米の研究開発動向レビューなどを発信し、会員企業にとって有益な情報提供に努めている。また、本誌の中核コンテンツである「Technology Updates」では、外部専門家が国内外の新聞・業界専門誌等から選定した関連ニュースを解説付きで紹介している。創刊以来の掲載件数は累計2,000件を超え、技術動向や市場ニーズの変遷を俯瞰できる情報源となりつつある。さらに、2023年よりドイツの産業クラスターComposites Unitedとのニュースレター相互配信を開始し、日独の複合材業界動向や会員企業情報等を共有している。今後はSNS等も活用した情報発信体制の整備を進め、さらなる情報流通の活性化と会員企業との関係深化を図っていく。

3 国際的な連携活動

海外との連携構築では、フランスの産業クラスターEMC2、ドイツのComposites United(CU)、台湾PIDC、韓国KCTECHなどとも協定を締結し、前述の通り、Fraunhofer FIP拠点(FIP-MIRAI@ICC)の本格的活動を開始、IGCVとICCが両者の強みを組み合わせ、炭素繊維など複合材料のリサイクル技術・適用技術における欧州への窓口として、日本企業との共同研究による取組を進めている。

10月には独CUと連携し独政府による日独企業のB to Bマッチングを促すプロジェクトに協力し、12社の独企業や独政府Lightweight Initiative関係者を1週間受入れ、ICCと名古屋において約100件超のB to B個別ミーティングや企業訪問・視察による技術交流を行った。



ドイツ企業団来日レセプション（於：石川県金沢市）

またICCは、SAMPE JapanとともにJEC World 2026においてJAPANパビリオン出展への呼びかけと取りまとめを行い、計12社・機関と共同出展を行った。日本の複合材料技術や取組を発信するとともに、海外企業・研究者との交流や情報交換を促進した。さらに、会場で開催された技術セッションでは、ICC教授がAdvanced Manufacturing分野で講演を行い、日本の最新研究成果と技術動向を国際的に発表した。



JEC World 2026 JAPAN パビリオン

Furthermore, the Hokuriku Advanced Composite Materials Association (HACM), which has its secretariat at ICC, has activities involving approximately 50 member companies, and ICC co-hosts the "Hokuriku Composite Conference" every two years with HACM. At the 4th conference held in February 2026, we were able to foster active exchanges among more than 100 participants.

In addition to events promoting collaboration, "ICC Innovative Edge", a monthly membership magazine, is going to mark its seventh year. It has strived to provide valuable information by featuring the latest R&D activities at ICC, event updates, as well as reviews of R&D trends around the world. The magazine's core content, Technology Updates, features news selected by an external industry expert from newspapers and industry publications (both domestic and international), accompanied by expert commentary. Since its launch, the magazine has featured more than 2,000 articles, making it a valuable resource for tracking technological trends and evolving market needs. Furthermore, since 2023, ICC has exchanged newsletters with the Composites United, a leading German industrial cluster, enabling the sharing of the latest news in the composites industry as well as information on member companies in both Japan and Germany. Looking ahead, we will enhance its communication platform through the wider use of social media and other digital channels, promoting more active information exchange and deeper engagement with our member companies.

3 International Collaborative Activities

In building international partnerships, we have concluded agreements with the French industrial cluster EMC2, Germany's Composites United (CU), Taiwan's PIDC, and South Korea's KCTECH. As FIP-MIRAI@ICC, Fraunhofer IGCV and ICC are combining their respective strengths to serve as a gateway to Europe for recycling and application technologies of composite materials and are advancing collaborative research with Japanese companies.

In October, in collaboration with CU, we cooperated with a German government project promoting B to B matching between Japanese and German companies. We hosted 12 German companies and representatives from the German government's Lightweight Initiative for a week, conducting over 100 individual B to B meetings and technical exchanges through company visits and site visits at ICC and in Nagoya. Furthermore, ICC, together with SAMPE Japan, initiated and coordinated the exhibition of the JAPAN Pavilion at JEC World 2026, resulting in joint exhibits with a total of 12 companies and organizations. This initiative aimed to share information on Japan's composite materials technology and promote exchanges with overseas companies and researchers. In addition, at a technical session, an ICC professor gave a lecture in the field of Advanced Manufacturing, presenting Japan's latest research results and technological trends to an international audience.

III 教育活動

Educational Activities

2012年より継続して実施している社会人向け複合材料分野の大学院特別講義は、2025年度においても理論中心の特別講義Iと、成形実習中心の特別講義IIの構成で実施した。大学院生と社会人が合同で受講することで、実務経験と学術的知見が融合した教育環境が形成されており、相互に刺激を与え合う有意義な学びの場となっている。

また、ICCでは研究開発活動と連動した実践的な教育を重視している。実際の設備を用いた成形や評価を体験することで、複合材料に対する理解を一層深めている。このような環境は、企業技術者にとって最新技術の習得やスキル向上の機会となるとともに、実践的なリスキリングの場としても機能している。

学生に対する教育としては、コーオペ教育の実施が挙げられる。学生はICCをフィールドとして、企業関係者と日常的に関わりながら、実務に近い環境で学修を進めることができる。講義で得た知識を研究開発の現場で即座に活用する循環が生まれ、理論と実践を往還する高度な教育の場が提供されている。

さらに、先端材料技術協会SAMPE Japanと連携し、学生ブリッジコンテスト参加校の学生を対象とした講義・実習を実施するなど、分野全体の人材育成にも貢献している。また、中高生向けの授業や出張講義を継続的に展開し、複合材料分野への関心を喚起するとともに、次世代人材の育成にも取り組んでいる。

加えて、本学学生はリサーチアシスタントとしてICCの研究プロジェクトに参画し、産業技術総合研究所との連携講座や各種カンファレンスへの参加を通じて最先端の研究に触れる機会を得ている。このようにICCは、学生が実践的な研究経験を積み、将来の研究者・技術者として成長するための教育拠点となっている。



社会人向け特別講義



中・高校生向け授業



川端 茂
Shigeru Kawabata
樋口 由美
Yumi Higuchi
山本 一葉
Kazuha Yamamoto
東 久美子
Kumiko Higashi

Since 2012, ICC has offered graduate-level special lectures in composite materials for working professionals. In FY 2025, these were delivered as Special Lecture I (theory) and Special Lecture II (hands-on molding). By bringing together graduate students and working professionals, a learning environment is created that integrates practical experience and academic knowledge, providing a mutually stimulating and valuable educational experience.

ICC emphasizes practical education linked to its research and development activities. Through hands-on experience with molding and evaluation equipment, participants deepen their understanding of composite materials. This provides corporate engineers with opportunities to acquire new technologies and enhance skills, while also serving as a reskilling platform. For students, cooperative (co-op) education is a key feature. Using ICC as a learning field, they interact with industry professionals and study in a practice-oriented environment, enabling immediate application of classroom knowledge to research and development.

In collaboration with the Society for the Advancement of Material and Process Engineering (SAMPE Japan), ICC conducts lectures and training for the Student Bridge Contest, contributing to human resource development. It also offers outreach lectures for junior and senior high school students to foster interest in composite materials.

Additionally, university students participate in ICC projects as research assistants (RAs), gaining exposure to advanced research through collaboration with AIST and conference participation. ICC thus serves as an educational hub where students develop practical skills and grow into future researchers and engineers.



SAMPE 成形セミナー

IV 令和7(2025)年度の研究活動 Research Activities in Fiscal Year 2025

- 11

2025年度ICC研究活動の概要
Overview of ICC research activities in FY2025
斉藤 産学連携コーディネーター：Y. Saito Coordinator of Industry-University Collaboration、鵜澤 所長：K. Uzawa Director
- 14

CCIM プロジェクト高度化のために：産総研およびフラウンホーファーとの連携
The spiral progression of the CCIM project: Collaboration with AIST and Fraunhofer
小田切 顧問：N. Odagiri Adviser
- 18

Wet Compression Molding における型内圧抑制の検討
Approach to In-Mold Pressure Reduction in Wet Compression Molding
布谷 研究員：K. Nunotani Researcher、佐久間・乾 技師：T. Sakuma, N. Inui Engineer
- 20

チョップドテープCFRTPの流動挙動および機械特性に及ぼす繊維配向設計の影響
Experimental Evaluation of the Effects of Fiber-Orientation Design on Flow Behavior and Mechanical Properties of Chopped-Tape CFRTP
白井 研究員：T. Shirai Researcher
- 22

ダブルベルトプレスによるrCF 湿式不織布を用いたオルガノシート製造
Manufacturing of organosheets from rCF wet-laid nonwovens using a double belt press
石田 研究員：O. Ishida Researcher、惣川・佐久間 技師：T. Sogawa, T. Sakuma Engineer、IPCO 北田：J. Kitada IPCO、F. Manis FIP-MIRAI@ICC
- 23

CFRTP 超音波溶着の振動測定に基づく加熱挙動の分析
Analysis of heating behavior in ultrasonic welding of CFRTP based on vibration measurements
石田 研究員：O. Ishida Researcher、植村・惣川 技師：K. Uemura, T. Sogawa Engineer、三谷 博士生：K. Mitani Doctoral student
- 24

コンパクト自動積層装置と熱硬化型CFトウプリプレグの開発
Development of REDOX polymerizing resins for split preform / low pressure RTM process
西田（裕）・山下 研究員：H. Nishida, H. Yamashita Researcher、ミズノテクニクス㈱ 内海：Y. Utsumi MIZUNO TECHNICS Corp.、アスリートFA ㈱高島：N. Takashima Athlete FA Corp.
- 25

ケイ素酸化物骨格樹脂を用いた耐熱CFRPの開発
Development of heat-resistant CFRP using silicon oxide backbone resin
西田（裕）研究員：H. Nishida Researcher、織田 技師：S. Oda Engineer、山下 研究員：H. Yamashita Researcher
- 26

LM-PAEK / CF のAFP 成形温度履歴と結晶化特性に関する検討
Investigation of Temperature History and Crystallization Behavior of LM-PAEK / CF during AFP Processing
田中（宏）・山下研究員：H. Tanaka, H. Yamashita Researcher、織田・長橋・寺田技師：S. Oda, A. Nagahashi, M. Terada Engineer
- 27

Thermo-kinetic Mixing による木質強化複合材料の開発
Development of Wood-Reinforced Composites Using Thermo-kinetic Mixing
田中（宏）研究員：H. Tanaka Researcher、産総研 三木 総括研究主幹：T. Miki Principal Research Manager AIST、長橋・斎藤（久）・渡辺 技師：A. Nagahashi, K. Saito, A. Watanabe Engineer
- 28

山中漆器産業における資源循環型プレス成形技術の展開
Development of Press Molding Technology for Resource Circulation in the Yamanaka Lacquerware Industry
堀川 技師：M. Horikawa Engineer、産総研 三木 総括研究主幹：T. Miki Principal Research Manager AIST、田中（宏）・石田 研究員：H. Tanaka, O. Ishida Researcher、惣川 技師：T. Sogawa Engineer
- 29

木質複合材料の混練・射出成形過程における熱劣化評価
Evaluation of Thermal Degradation in Wood-Plastic Composites during Thermo-Kinetic Mixing and Injection Molding
西田（雅）技師：M. Nishida Engineer、産総研 三木 総括研究主幹：T. Miki Principal Research Manager AIST、田中（宏）研究員：H. Tanaka Researcher
- 30

リグニン骨格を有する熱硬化性樹脂の創製
Synthesis of a Lignin-Based Thermosetting Resin
山中 研究員：A. Yamanaka Researcher、寺田・西田（雅）技師：M. Terada, M. Nishida Engineer、西田（裕）研究員：H. Nishida Researcher
- 31

植物繊維系複合材料の基本物性
Basic mechanical properties of plant fiber-reinforced composite materials
山中 研究員：A. Yamanaka Researcher、寺田・佐久間・乾 技師：M. Terada, T. Sakuma, N. Inui Engineer、布谷 研究員：K. Nunotani Researcher、小田切 顧問：N. Odagiri Adviser
- 32

様々な測定方法を用いた繊維・樹脂界面の接着性評価
Measurement of Interfacial Shear Strength Using Various Testing Methods
山下 研究員：H. Yamashita Researcher、織田 技師：S. Oda Engineer
- 34

植物繊維の引張試験
Tensile Testing of Plant Fibers
寺田 技師：M. Terada Engineer、山中 研究員：A. Yamanaka Researcher、織田 技師：S. Oda Engineer
- 35

複合材料の耐久性評価を支える疲労試験設備
Fatigue Testing Facilities Supporting Durability Evaluation of Composite Materials
乾 技師：N. Inui Engineer、白井・布谷 研究員：T. Shirai, K. Nunotani Researcher
- 36

金属製パイプのCFRP 化に向けた成形方法の検討
Study on Molding Methods of CFRP pipes
永井 研究員：T. Nagai Researcher、埜口・植村 技師：S. Noguchi, K. Uemura Engineer、鵜澤 所長：K. Uzawa Director
- 37

熱硬化性CFRPのVacuum Only Cure 成形におけるボイド低減手法の検討
Investigation of Void Reduction Methods for Vacuum-Only Cure Processing of Thermosetting CFRP
岡村・植村・佐久間・乾・埜口・長橋・橋本 技師：H. Okamura, K. Uemura, T. Sakuma, N. Inui, S. Noguchi, A.Nagahashi, K. Hashimoto Engineer
- 38

令和7（2025）年度の成果：Achievements in FY 2025
- 40

ICCメンバーシップ会員における産学連携活動の成果
Outcomes from Industry-Academia collaboration activities among ICC membership program
＊丸八株式会社 Maruhachi Corporation
＊ナカシマプロペラ株式会社 Nakashima Propeller Co., Ltd.
＊フラウンホーファーイノベーションプラットフォーム FIP-MIRAI@ICC
＊（国研）産業技術総合研究所 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)
＊株式会社コントレイルズ Contrails Co., Ltd.
＊中京化成工業株式会社 Chukyo Kasei Kogyo Co., Ltd.

2025年度ICC研究活動の概要

Overview of ICC Research Activities in FY2025



斉藤 義弘
Yoshitaka Saito



鵜澤 潔
Kiyoshi Uzawa

2025年度のICCの研究活動は、内閣府「地方大学・地域産業創生交付金事業」のCCIM(Creative Composite Ishikawa Million)を中核に据え、環境適合型複合材料による資源循環型サプライチェーンの構築および製造プロセスのデジタル化技術を推進した。本事業のもと、地域企業の事業化を支援するとともに、産総研BIL(木質材料活用)やFIP-MIRAI@ICC(リサイクル炭素繊維の高度利用)との連携を通じ、コンポジット分野におけるサーキュラーエコノミーの実現に向けた技術基盤の構築と、これらを国内のみならずグローバルに展開することに注力した。

同時に、NEDO、JAXA、防衛装備庁、知の拠点あいち、石川県成長戦略ファンド等の公的資金によるプロジェクトの多くを主導し参画した。近年急速に市場が拡大している高圧水素タンクや洋上風力といった次世代エネルギー分野、さらには極低温液体水素タンク、エアモビリティ、次世代航空機に代表される最先端の航空・宇宙分野への社会実装を見据え、メンバーシップ企業とも連携し、新市場開拓に向けた研究開発を推進した。

今年度の主な研究開発プロジェクト

■NEDO 水素利用拡大に向けた共通基盤強化のための研究開発事業：分割ブリフォーム式CFRP高圧水素タンクにおける高信頼性接合構造とハイレート製造プロセスの開発(金沢工大、東京農工大、名古屋大、岐阜大学)2025～2029年度

前年度まで実施した「非FW／分割ブリフォームおよび新規樹脂による高圧水素タンクの革新的ハイレート製造プロセスの開発」において、シリンダ部とドーム部の高信頼性接合構造を確立。さらに低圧RTM(LP-RTM)技術による一体成形システムを用い、従来の製造時間を大幅に短縮するハイレートプロセスを検証した。これらの成果を踏まえ、本年度より5ヶ年事業「分割ブリフォーム式による革新的ハイレート製造プロセスの実証」を新たに開始し、大型タンクの実証フェーズへと移行しTRL6を目指す。

■JAXA 宇宙戦略基金：DX技術を活用した低コスト熱可塑CFRP 製大型タンクの設計・製造技術の高度化(丸八、東京大、金沢工大)2025～2030年度

本年度より開始した本プロジェクトでは、ロケット推進用の燃料タンクを従来の金属材料から軽量かつ低コストな熱可塑性CFRP製へと転換する基盤技術の確立を目指すものである。具体的には高耐熱結晶性樹脂(LM-PAEK/CF)を使用し、AFP(Automated Fiber Placement)成形時の局所加熱・冷却、および後続層積層時の再加熱履歴が、結晶化度や層間力学特性に及ぼす影響をDSC測定等で定量評価を行う。これにより、品質管理および成形条件の最適化を進めている。ICCでは、主に極低温下におけるCFRPの物性評価やタンク構造の解析などを担当している。

In fiscal year 2025, the research activities of the Innovative Composite Center (ICC) positioned the Cabinet Office's "Regional University / Regional Industry Creation Grant Project (CCIM)" as its core. Under this initiative, ICC drove the development of resource-recirculating supply chains using environmentally friendly composite materials and advanced digitalization technologies for manufacturing processes. While supporting the commercialization efforts of regional enterprises, ICC focused on establishing a technological foundation to realize a circular economy in the composites sector and expanding these frameworks both domestically and globally. This was achieved through strategic collaborations with the AIST BIL (Application of Wood-Based Composites) and FIP-MIRAI@ICC (focusing on the advanced utilization of recycled carbon fiber). Concurrently, ICC led and participated in numerous publicly funded projects supported by NEDO, JAXA, ATLA (the Acquisition, Technology & Logistics Agency), Aichi prefecture, and Ishikawa prefecture, among others. Anticipating social implementation in next-generation energy sectors experiencing rapid market growth—such as high-pressure hydrogen tanks and offshore wind power—as well as cutting-edge aerospace fields typified by cryogenic liquid hydrogen tanks, air mobility, and next-generation aircraft, ICC partnered with member companies to promote R&D aimed at pioneering new markets.

Key R&D Projects for This Fiscal Year

■NEDO Project to Develop Common Platforms Supporting the Widespread Use of Hydrogen: Development of high-reliability joining structure and high-rate manufacturing process for CFRP high-pressure hydrogen tanks using split preforms (ICC, Tokyo University of Agriculture and Technology, Nagoya University, Gifu University) FY2025–2029

Building upon the predecessor project completed last fiscal year "Development of Innovative High-Rate Manufacturing Processes for High-Pressure Hydrogen Tanks Using Non-FW / Split Preforms and REDOX-curing resins", the project established a highly reliable bonding structure between the cylinder and dome sections. Furthermore, utilizing an integrated molding system based on Low-Pressure Resin Transfer Molding (LP-RTM) technology, the team verified a high-rate process that significantly reduces conventional manufacturing times. Based on these achievements, a new five-year project, "Demonstration of Innovative High-Rate Manufacturing Processes Using split Preforms," was launched this fiscal year, transitioning the research into a demonstration phase using large-scale tanks with the goal of reaching TRL 6.

■JAXA Space Strategy Fund: Advance Design and Manufacturing Technologies for Large-Scale Low-Cost Thermoplastic CFRP Tanks Using DX Technologies(Maruhachi, University of Tokyo, ICC) FY2025–2030

Launched this fiscal year, this project aims to establish foundational technologies to transition rocket propulsion fuel tanks from conventional metallic materials to lightweight, low-cost thermoplastic CFRP. Specifically, high-heat-resistant crystalline

■防衛装備庁 安全保障技術研究推進制度：海洋仕様のCFRPブレード接着接合構造に関する基盤技術の開発(ナカシマプロペラ、金沢工大、NIMS) 2021～2025年度

本年度をもって5年間のプロジェクトが完了した。海中で長期使用可能な「高強度CFRPと金属の接着接合構造」において、過酷な海洋環境下における界面の劣化・破壊機構や強度低下メカニズムを学術的に解明した。本成果は、海洋異種材料接合構造の長期信頼性を大きく引き上げ、ナカシマプロペラの製造するCFRPプロペラの適用拡大を強力に後押しするものである。



CFRPと金属接合部の大型疲労試験 (表紙写真)

■NEDO 風力発電等技術研究開発：大型浮体式垂直軸型風車の実現性検証(アルバトロステクノロジー、Jパワー、東電HD、中部電力、川崎汽船、住友重機械マリンエンジニアリング、金沢工大(再委託)) 2024～2025年度

日本に適した独自の次世代技術として、風車と浮体が一体となって回転する垂直軸型(浮遊軸型)風車の大型商用機における実現可能性を検証し、基本設計承認(AIP)取得に向けた設計を実施した。垂直軸型風車は、従来型(水平軸型)と同等の発電効率を維持しながら、浮体部分の小型化・低コスト化による大量導入時のコスト削減が期待されている。ICCでは、従来と異なる一定断面形状を持つブレードの量産技術を検討し、効率的な連続成形技術の成立性を示した。来年度からは、2MWの大型実証機の製造に向けた設計に着手する予定である。

■知の拠点あいち重点研究プロジェクト(V期)：次世代航空機向け熱可塑複合材大型部品の高速成形技術の開発(名古屋大学、Boeing Japan、伊藤金属、クリモト、新明和、共和工業、丸八、東京大、東京理科大、金沢工大) 2025～2028年度

本年度より開始した本プロジェクトは2030年代後半の次世代航空機生産(月産80機)を見据え、現在主流である熱硬化性複合材料の成形法に比べ、工程時間を大幅に短縮できる「熱可塑性複合材料の高速成形技術」の確立、および大型複雑部品への適用拡大を目指している。また、技術確立のみならず、国内における熱可塑CFRPの新たなサプライチェーンの構築が最終的な目的である。本年度、ICCでは保有する200tプレス機をベースとした加熱・搬送一体型の専用設備セルを構築。小型部材を用いた成形プロセスの実証検証を実施し、来年度に名古屋大学NCCで予定さ

resin (LM-PAEK/CF) is being utilized. The team is quantitatively evaluating the effects of localized heating/cooling during Automated Fiber Placement (AFP) molding, as well as the reheating history during subsequent layer lamination, on crystallinity and interlaminar mechanical properties using DSC measurements. This allows for ongoing quality control and optimization of molding conditions. ICC is primarily responsible for evaluating the physical properties of CFRP under cryogenic temperatures and analyzing the tank structures.

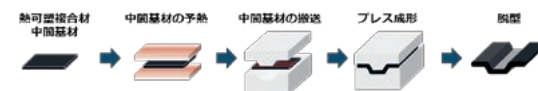
■ATLA Innovative Science and Technology Initiative for Security: Development of Fundamental Technologies for Adhesively Bonded CFRP Blade Structures for Marine Applications (Nakashima Propeller, ICC, NIMS) FY2021–2025 This five-year project concluded this fiscal year. Focus centered on "adhesive joint structures between high-strength CFRP and metal" capable of long-term use in seawater, where the team academically elucidated the interface degradation, failure mechanisms, and strength reduction mechanisms under harsh marine environments. These results significantly enhance the long-term reliability of multi-material marine joint structures and provide powerful support for expanding the application of CFRP propellers manufactured by Nakashima Propeller.

■NEDO Research and Development of Wind Power Generation Technologies: Feasibility Verification of Large-Scale Floating Vertical Axis Wind Turbines (Albatross Technology, J-POWER, TEPCO, Chubu Electric Power, "K" Line, Sumitomo Heavy Industries Marine & Engineering, ICC (Subcontractor)) FY2024–2025

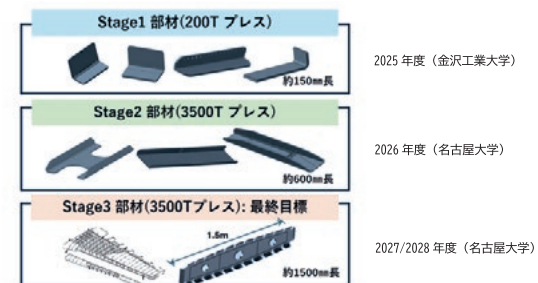
As a unique, next-generation technology well-suited for Japan, this project verified the feasibility of a commercial-scale vertical-axis (floating-axis) wind turbine, where the turbine and floating body rotate together as a single unit. Design work was conducted to obtain Approval in Principle (AIP). While maintaining power generation efficiency equivalent to conventional horizontal-axis turbines, vertical-axis turbines are expected to lower deployment costs at scale due to the downsized and more cost-effective floating structure. ICC investigated mass-production technologies for blades featuring an unconventional constant cross-section shape, demonstrating the feasibility of an efficient continuous molding technology. Starting next fiscal year, design work will begin for the manufacturing of a large-scale 2MW demonstration unit.

■Knowledge Hub Aichi Priority Research Project (Phase V): Development of High-Speed Molding Technology for Large Thermoplastic Composite Parts for Next-Generation Aircraft (Nagoya University, Boeing Japan, Ito Metal, Kurimoto, ShinMaywa Industries, Kyowa Industrial, Maruhachi, University of Tokyo, Tokyo University of Science, ICC) FY2025–2028 Anticipating next-generation aircraft production in the late 2030s (at a rate of 80 aircraft per month), this newly launched project aims to establish "high-speed molding technology for thermoplastic composite materials." This method drastically

れている3500tプレスを用いた大型セルでの成形に向けた重要な知見を得た。引き続き、次年度も中間基材の製造技術確立に注力する。



熱可塑複合材高速成形基本プロセス



熱可塑複合材試作部品のイメージ

次世代航空機向け熱可塑複合材大型部品の高速成形技術の開発(知の拠点あいち重点研究プロジェクト(V期) HPより)

■石川県成長戦略ファンド：リサイクル炭素繊維を用いた航空機シート部品向け最適材料製造技術の開発(サンコロナ小田、金沢工業大学) 2025～2027年度

本年度採択された本プロジェクトでは、FIP-MIRAI@ICCとの連携のもと、サンコロナ小田のカットテープ散布技術、Fraunhofer IGC Vの湿式法(Wet-laid)による高配向・薄層rCF不織布の製造技術、ICCのDBPによるシート化技術およびプレス成形技術を融合する。これにより、欧州の航空機用シートメーカーを出口(ターゲット)とした構造部材の製造技術確立を目指す。従来のrCF不織布では達成できなかった高い機械特性と優れた賦形性を両立させることで、新たなrCFリサイクルシステムの構築を目指す。

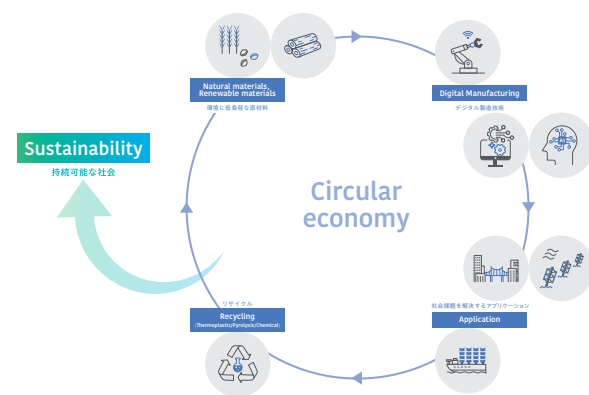


Fraunhofer IGC VのWet-laid装置とリサイクルCF不織布

reduces processing times compared to currently mainstream thermosetting composite molding methods, with the ultimate goal of expanding its application to large, complex components. Beyond establishing the technology, the ultimate objective is to construct a new supply chain for thermoplastic CFRP within Japan. This year, ICC constructed a dedicated molding cell integrating heating and transfer functions, based around its existing 200-ton press machine. Demonstration verification of the molding process was conducted using small-scale components, yielding vital insights for the large-scale cell molding slated for next fiscal year using a 3,500-ton press. Moving forward, ICC will continue to focus heavily on establishing manufacturing technologies for intermediate materials next year.

■Ishikawa Prefecture Growth Strategy Fund: Development of Optimized Material Manufacturing Technology for Aircraft Seat Components Using Recycled Carbon Fiber (Sun Corona Oda, ICC) FY2025–2027

Selected for funding this fiscal year, this project collaborates with FIP-MIRAI@ICC to integrate Sun Corona Oda's chopped-tape dispersion technology, Fraunhofer IGC V's wet-laid manufacturing technology for highly oriented, thin-ply rCF (recycled carbon fiber) nonwoven fabrics, and ICC's sheet-forming technology via DBP (Double Belt Press) alongside press-molding technology. The objective is to establish structural component manufacturing technologies targeting European aircraft seat manufacturers. By achieving a balance between high mechanical properties and excellent formability—which conventional rCF nonwoven fabrics could not attain—the project aims to establish a new rCF recycling system.



ICC concept of circular economy on composites

CCIMプロジェクト高度化のために：産総研およびフラウンホーファーとの連携

The spiral progression of the CCIM project: Collaboration with AIST and Fraunhofer



小田切 信之
Nobuyuki Odagiri

1. はじめに：CCIMプロジェクトの概要と背景

CCIMプロジェクト(地方大学・地域産業創生交付金事業：内閣府)は、COI(センター・オブ・イノベーション：文科省)プログラム終了以降の、政府系プロジェクトとして最大規模であるため、現在のICCにおける研究開発活動の主要な柱である。CCIMでは、COIで培った革新材料開発の知見と成果の社会実装実績を踏まえ、その研究課題を「環境適合型複合材料」へと拡張した。環境適合を追求する上で、天然繊維をはじめ、使用済みCFRPから回収される環境負荷の低いリサイクル炭素繊維(rCF)へと対象を広げることが必然であった。

現在、ICCでは石川県工業試験場、石川県立大学、および県内企業との連携により、外部パートナーの卓越した知恵や要素技術を集積している。これにより、麻系植物を強化繊維とする複合材について、資源の育種・栽培から中間加工、用途展開に至るバリューチェーンの創出を推進中である。しかし、従来のICC活動の延長線上だけで研究開発を高度化し、そのスピードを加速させることは容易ではない。この状況を打開し、さらなるパラダイムシフトをもたらした契機について以下に記述する(図1)。

2. 産総研との技術融合による天然繊維強化素材の実用化

契機となったのは、国立研究開発法人産業技術総合研究所(産総研)との連携である。木質材料の化学的改質や処理によって流動成形を実現する産総研の独自技術は、ICCが有する複合材料成形プロセス技術と融合させることで、天然繊維強化素材を実用レベルの工業製品へと進化させる可能性を秘めている。産総研からはICCの技術力と社会実装実績を高く評価され、2023年7月、ICC内にサテライトラボ「BIL(ブリッジ・イノベーション・ラボ)」が開設され、研究者が常駐するに至った。

現在、BILを拠点に産総研の多彩な分野の専門家が頻繁にICCを訪れ、最先端の設備群を活用しながら共同研究を推進している。互いの知見と知識の交流が活発化したことで、双方にとって極めて有益な(ウィン・ウィンとなる)革新的連携体制が構築されている。



3. フラウンホーファー(IGCV)との国際連携と欧州ネットワークの構築

リサイクル炭素繊維の本格的な共同研究は、ドイツのフラウンホーファー研究機構によってもたらされた。同機構のIGCV(キャスト・複合材料・加工技術研究所)は、複合材および加工技術を専

1. Overview and background of the CCIM project

The CCIM (Regional University and Regional Industry Creation Grant Program: by Cabinet Office) project is the largest government-funded project since the end of the COI (Center of Innovation: by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology) program, and is currently a major pillar of ICC's research and development activities. Building upon the innovative materials development capabilities established through the COI program and its track record of successful real-world implementation, CCIM expanded its research scope to encompass "environmentally compatible composite materials." In pursuing environmental compatibility, it was inevitable to broaden the scope to include natural fibers as well as recycled carbon fiber (rCF), which has a low environmental impact from end-of-life CFRP. Currently, ICC is accumulating the outstanding knowledge and technologies through collaboration with the Ishikawa Prefectural Industrial Technology Center, Ishikawa Prefectural University, and partner companies within the prefecture. This has advanced the development of a value chain for natural fiber composite materials that utilize ramie/hemp-derived plants. The scope of this effort is extensive, ranging from the selective breeding and cultivation of the plant material to intermediate processing and the development of applications. However, it is not easy to sophisticate research and development and accelerate its speed simply by extending conventional ICC activities. The following describes the turning point that overcame this situation and brought about a further paradigm shift (Figure 1).

2. Practical application of natural fiber reinforced materials through technological collaboration with AIST

The catalyst for this collaboration was the partnership with the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST). AIST's unique technology, which enables flow molding by means of the chemical modification and treatment of wood-based materials, has the potential to evolve natural fiber-reinforced materials into practical industrial products when combined with ICC's composite material fabrication process technology. AIST highly valued ICC's technological capabilities and track record of social implementation, and in July 2023, a satellite lab, "BIL (Bridge Innovation Lab)," was established within ICC, with researchers permanently stationed there. Currently, experts from diverse fields within AIST frequently visit ICC, using BIL as a base, to promote collaborative research while utilizing state-of-the-art facilities. This increased exchange of knowledge and expertise has led to the establishment of an innovative collaborative system that is extremely beneficial to both parties (a win-win situation).

3. International collaboration with the Fraunhofer Institute for Casting, Composite and Processing Technology IGCV (Fraunhofer ICGV) and establishment of a European network. The first full-scale collaborative research on recycled carbon

門とし、使用済みコンポジットから得られるリサイクル炭素繊維(rCF)を湿式法でシート状に加工する先進技術を有する。さらに、シートを構成するrCFの配向性制御、等方性の付与、繊維束の集束度制御などを通じてユニークな中間製品を開発し、高い付加価値を付与してエンドユーザーへ提案してきた実績を持つ。

この協業は、従来のICCが有するrCF利用技術にさらなる深みと広がりをもたらし、グローバルな川上から川下に至るrCFバリューチェーンネットワークへの参画を可能にした。これまで欧州を中心に活動を展開してきたIGCVは、アジア(特に日本)におけるパートナーを模索する中で、ICCのこれまでの卓越した研究実績を高く評価し、共同研究の拠点としてICCを選定した。

この連携を具現化するため、2025年2月にFIP(Fraunhofer Innovation Platform)として「FIP-MIRAI@ICC」を発足させた。本FIPをゲートウェイ(窓口)と位置づけ、ICCに関わる国内の連携パートナーと、IGCVに関わる欧州のパートナーが、人材・技術・モノの各面において相互に往来するスキームを構築し、社会へ広く発信した(図2)。

高い技術力に裏打ちされたフラウンホーファーの国際的認知度は極めて高く、発足直後から多くの国内企業、大学、研究機関からの接触があり、すでに具体的な連携活動へと発展する事例も誕生している。現在もIGCVの推進リーダーや研究者が断続的にICCを訪問・駐在し、密接な連携研究活動を展開している。

fiber was initiated by the Fraunhofer Institute in Germany. Fraunhofer IGCV specializes in composites and processing technologies and possesses advanced technology for processing recycled carbon fiber (rCF) obtained from the end-of-life composites into wet-laid nonwoven fabrics. Furthermore, it has a track record of developing unique intermediate products by controlling the orientation of the rCF constituting the sheet form, imparting isotropy, and controlling the degree of fiber bundles, thereby adding high value and offering them to end users.

This collaboration shall bring further depth and breadth to ICC's existing rCF utilization technologies and enable participation in a global rCF value chain network spanning from upstream to downstream. Having previously focused its activities primarily in Europe, Fraunhofer IGCV, while seeking partners in Asia (particularly Japan), highly valued ICC's outstanding research track record and selected ICC as the base for its joint research.

To realize this collaboration, "FIP-MIRAI@ICC" was launched in February 2025 as the Fraunhofer Innovation Platform (FIP). Positioning this FIP as a gateway, a scheme was established for the mutual exchange of personnel, technology, and resources between domestic collaboration partners involved with ICC and European partners involved with IGCV, and this scheme was widely disseminated to society (Figure 2).

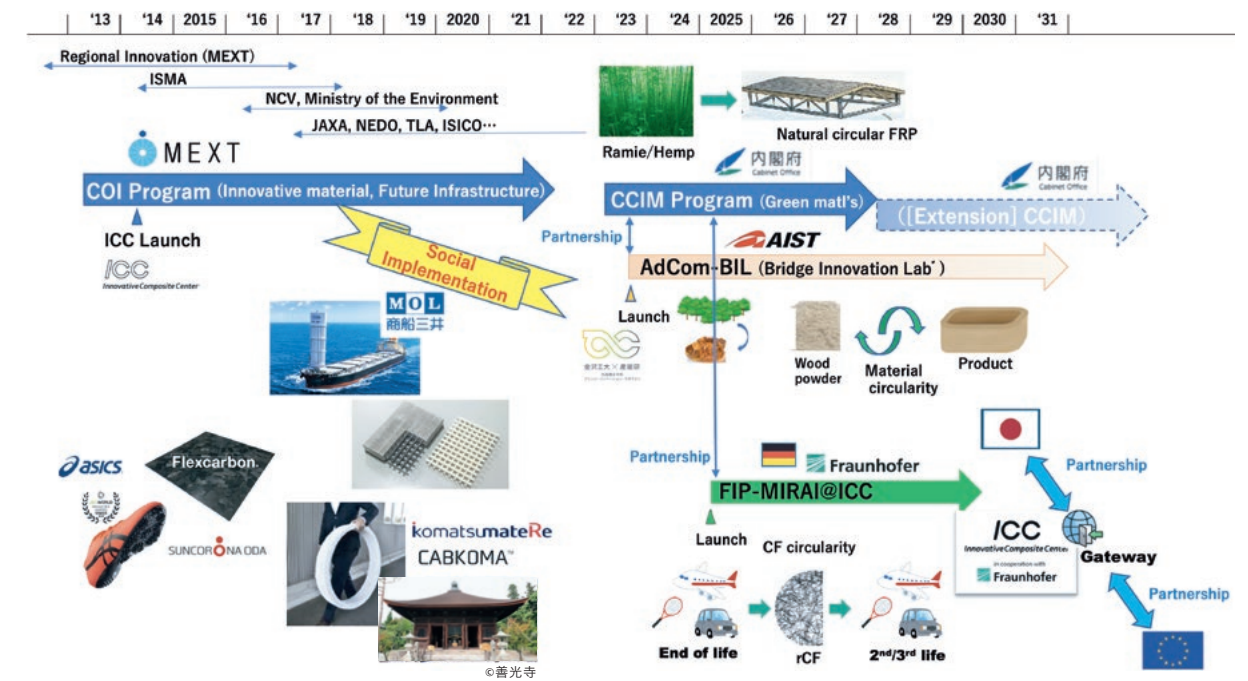


Figure 1 Program transition and paradigm shift in ICC



4. 国際連携の成果と「Horizon Europe」への挑戦

FIP発足から1年余りが経過した現在、国内外において多層的な連携ネットワークが誕生している(図3)。これまでICCと接点の薄かった国内企業に加え、ドイツをはじめとする欧州の企業や研究機関との新たな協業関係が構築された。さらに、本FIPを媒介として、日独両国の政府・公的機関との接触が深まる契機も生まれている。

また、当初の想定を超える成果として、欧州最大規模の研究開発フレームワークプログラムである「Horizon Europe」のプロジェクトに対し、IGCVを通じてテーマ提案を行う機会を得た。日本から参画する研究機関として、ICCは先頭集団に位置しており、政府間交渉を通じて同プログラムへの日本からの参画インフラを整備した経済産業省からも、強い注目と支援を寄せていただいている。本プロジェクトが採択された際には、欧州の主要なプロジェクト構成メンバーとの間で、さらなる国際共同研究の進展が期待される。

5. 今後の展望と社会実装へのロードマップ

上述の通り、産総研およびフラウンホーファーとの戦略的連携は、国内外の広範なステークホルダーを誘引し、オープンイノベーションの輪を飛躍的に拡大させている。次なるマイルストーンは、蓄積された技術の成熟度(TRL)を引き上げ、企業へと確実な技術移転(パトナタッチ)を行うことである。そして、社会実装を通じて真に「環境適合型複合材料」を市場に供給し、地球規模の環境課題に対して具体的なソリューションを提示していくことに他ならない。

CCIMプロジェクトは2028年3月に5年間の計画期間を満了する。今後は内閣府の追加枠の獲得を見据え、新たな研究課題を設定した次期フェーズへの発展的移行を想定しているが、柔軟に他の公的支援の獲得も含めた持続的な推進体制を視野に入れている。

ICCは、これまでに構築した高度な基盤技術、強固な連携ネットワーク、そして課題を突破する知恵と実行力をさらに研ぎ澄まし、コンポジット技術をもってグローバルな産業構造を変革する研究開発拠点としての地位を高めていく。

Because of its high level of technical expertise, Fraunhofer enjoys extremely high international recognition. Immediately after its establishment, the FIP received contact from many domestic companies, universities, and research institutions, and some cases have already turned into practical collaborative activities. Currently, IGCV's project leaders and researchers intermittently visit and reside at the ICC, engaging in close collaborative research activities.

4. Achievements of International Collaboration and the Challenge of "Horizon Europe"

A year has passed since the launch of FIP, and a multi-layered collaborative network has emerged both domestically and internationally (Figure 3). In addition to domestic companies that previously had seldom contact with ICC, new collaborative relationships have been established with companies and research institutions in Europe, including Germany. Furthermore, FIP has created opportunities to deepen contact with the governments and public institutions of both Japan and Germany.

Furthermore, exceeding initial expectations, we obtained the opportunity to propose a project theme through IGCV for "Horizon Europe," Europe's largest research and development framework program. As a research institution participating from Japan, ICC is among the leading institutions for "Horizon Europe", and we have received strong attention and support from the Ministry of Economy, Trade and Industry, who established the infrastructure for Japan's participation in the program through intergovernmental negotiations. If this project is selected, further progress in international collaborative research with key European project members is expected.

5. Future Outlook and Roadmap to Social Implementation

As mentioned above, the strategic collaboration with AIST and Fraunhofer has attracted a wide range of stakeholders both domestically and internationally, dramatically expanding the field of open innovation. The next milestone is to raise the technology readiness level and ensure a reliable technology transfer to companies. Ultimately, this means supplying truly "environmentally friendly composite materials" to the market through social implementation and provide promising solutions to global environmental challenges.

The CCIM project will complete its five-year plan in March 2028. Moving forward, the plan envisions a developmental transition to the next phase with new research topics, aiming to secure additional funding from the Cabinet Office. However, the project is also considering a sustainable driving system that includes securing other forms of public support. ICC will further refine its advanced technologies, robust collaborative network, and the wisdom and execution capabilities to overcome challenges, thereby enhancing its position as a research and development hub that transforms the global industrial structure through composite technology.

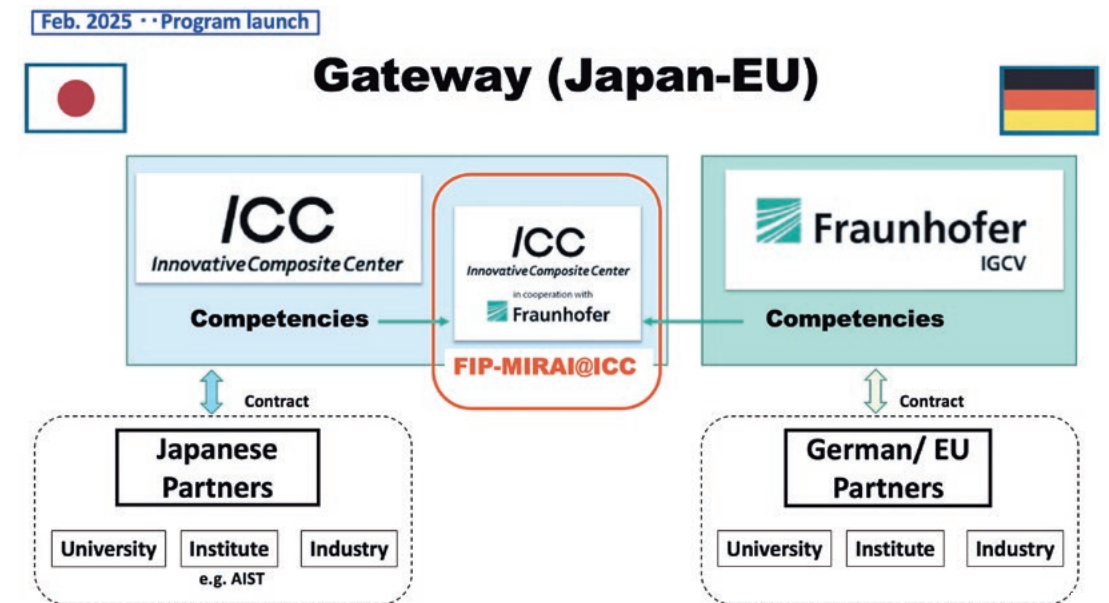


Figure 2 FIP scheme at launch

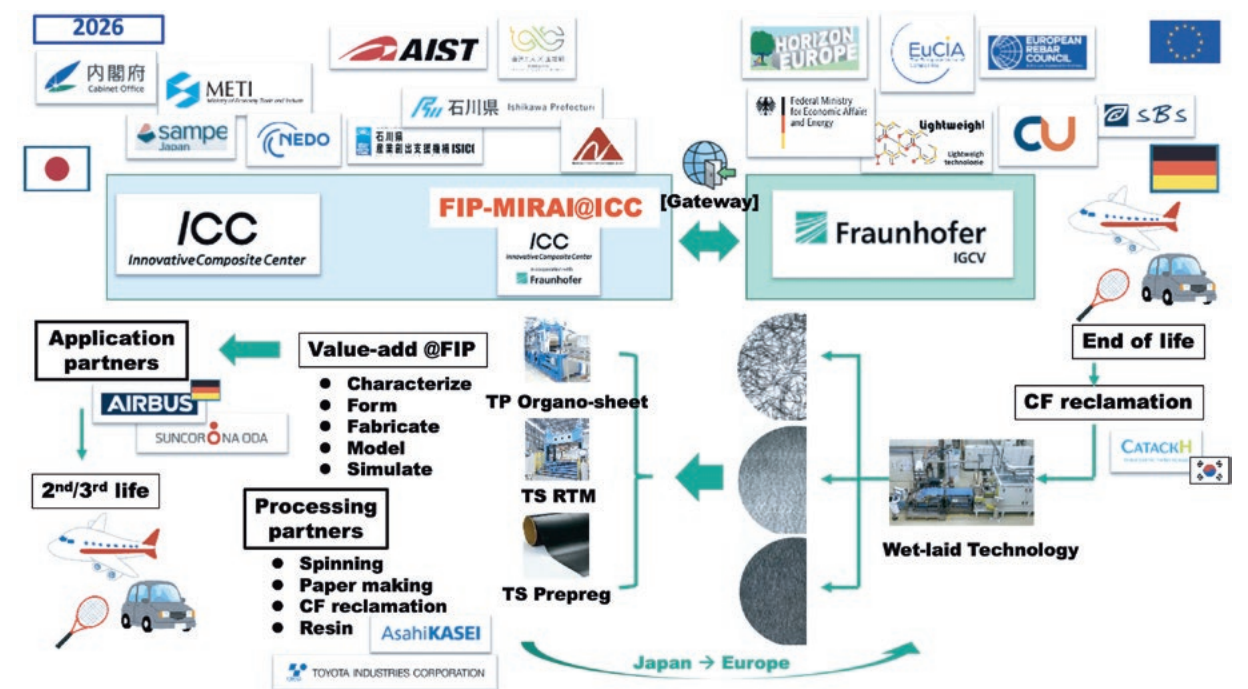


Figure 3 Progress after one year

Wet Compression Moldingにおける型内圧抑制の検討

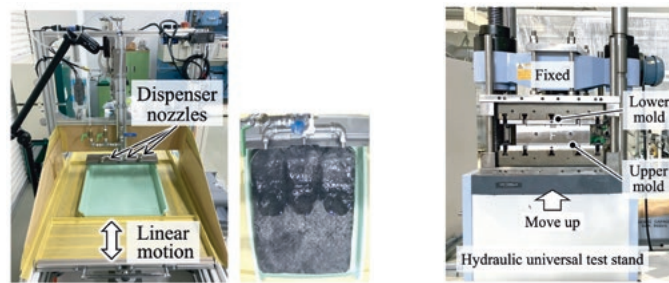
Approach to In-Mold Pressure Reduction in Wet Compression Molding

ICCでは、低環境負荷コンポジット成形プロセスの確立を目的として、リサイクル炭素繊維不織布(rCFマット)と型内重合型アクリル樹脂(ARKEMA Elium®)を用いたWet Compression Molding(WCM)に取り組んでいる。これまでの検討により、本プロセスでは型内圧が10~20 MPa程度まで過剰に上昇することが明らかとなっており、その低減が課題である。本研究では、成形プロセスの改良による型内圧低減を検討した。

高い型内圧は樹脂の面内流動に起因すると推察されたため、樹脂塗布の均一化と低速圧縮の適用により面内流動の抑制を試みた。まず、図1(a)に示す自動樹脂塗布装置を設計・製作し、塗布の均一化を図った。成形には、図1(b)に示す低速動作可能な油圧試験機に金型および温調装置を組み込んだ装置を用いた。上下金型にはセンサーを配置し、型内圧および温度の計測を可能とした(図2)。成形プロセスは、図3に示すように型閉じ、圧縮、ホールドの3工程から構成される。図4に全工程における型内圧、温度および金型間ギャップの変化を示す。圧縮速度は1.0、0.5、0.25 mm/sの3条件で比較した。

図5に圧縮速度1.0 mm/sおよび0.25 mm/sにおける圧縮工程近傍の型内圧を示す。型内圧は、約6 mmのギャップ到達時に圧力上昇が開始し、その後に最大型内圧に達するが、圧縮速度が低いほど最大型内圧が低減された。また、圧縮完了後のホールド時は、約1 MPaの型内圧が保持された。図6より、圧縮速度の低下に伴い、最大型内圧は低減する傾向が示される一方、成形品質に影響するホールド工程の型内圧は、低下しないことが明らかとなった。図7に示すように、最大型内圧を低減しても、成形板の曲げ強さおよび弾性率に対して顕著な影響を及ぼさないことが確認された。

以上より、rCFマットと型内重合型アクリル樹脂を用いたWCMプロセスにおける低速圧縮は、機械特性を維持しつつ型内圧を低減可能であることが示された。本手法は、低エネルギー消費で低コストなrCFマットの成形プロセスとして有効であると考えられる。



a) Automated resin supplying unit b) Mold clamping instrument and molds

Figure 1 Set-up of molding experiment

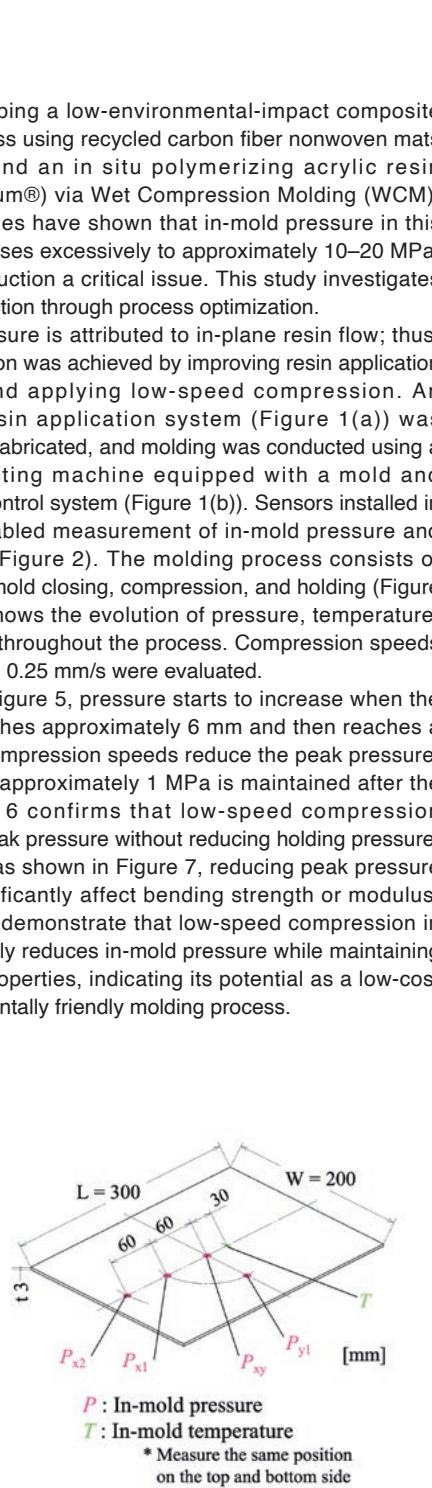


Figure 2 Dimensions for laminate and in-mold sensor position

ICC is developing a low-environmental-impact composite molding process using recycled carbon fiber nonwoven mats (rCF mats) and an in situ polymerizing acrylic resin (ARKEMA Elium®) via Wet Compression Molding (WCM). Previous studies have shown that in-mold pressure in this process increases excessively to approximately 10–20 MPa, making its reduction a critical issue. This study investigates pressure reduction through process optimization.

The high pressure is attributed to in-plane resin flow; thus, flow suppression was achieved by improving resin application uniformity and applying low-speed compression. An automatic resin application system (Figure 1(a)) was designed and fabricated, and molding was conducted using a hydraulic testing machine equipped with a mold and temperature control system (Figure 1(b)). Sensors installed in the molds enabled measurement of in-mold pressure and temperature (Figure 2). The molding process consists of three stages: mold closing, compression, and holding (Figure 3). Figure 4 shows the evolution of pressure, temperature, and mold gap throughout the process. Compression speeds of 1.0, 0.5, and 0.25 mm/s were evaluated.

As shown in Figure 5, pressure starts to increase when the mold gap reaches approximately 6 mm and then reaches a peak; lower compression speeds reduce the peak pressure. A pressure of approximately 1 MPa is maintained after the peak. Figure 6 confirms that low-speed compression suppresses peak pressure without reducing holding pressure. Furthermore, as shown in Figure 7, reducing peak pressure does not significantly affect bending strength or modulus. These results demonstrate that low-speed compression in WCM effectively reduces in-mold pressure while maintaining mechanical properties, indicating its potential as a low-cost and environmentally friendly molding process.

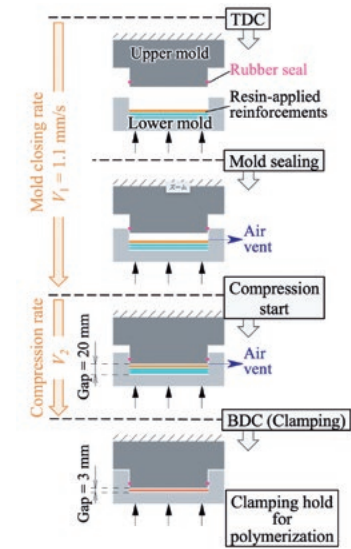


Figure 3 Experimental molding process

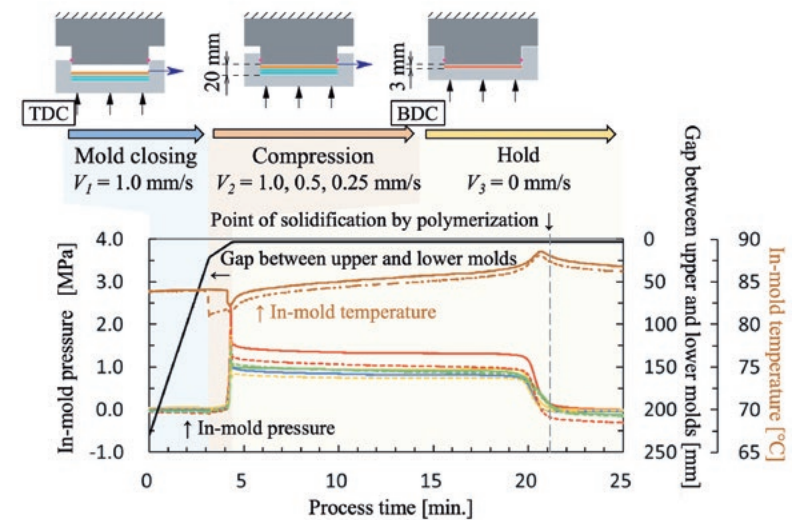


Figure 4 Monitoring of in-mold behavior during molding

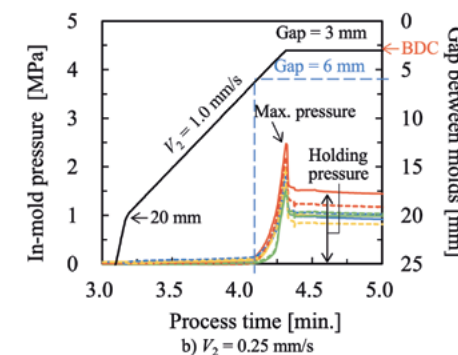
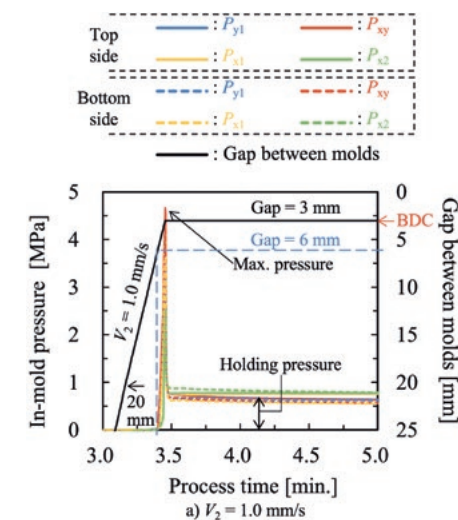


Figure 5 Behavior of in-mold pressure during compression at different rates

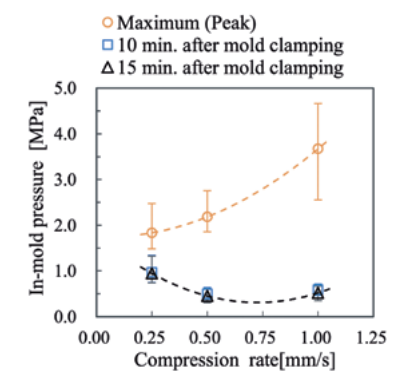


Figure 6 The in-mold pressure under different compression rates

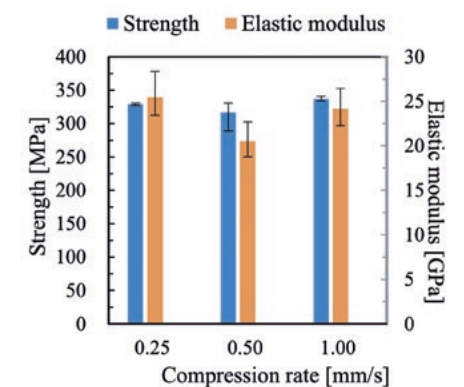


Figure 7 Results of three-point bending test for laminates with each compression rate

チョップドテープCFRTPの流動挙動および機械特性に及ぼす繊維配向設計の影響

Experimental Evaluation of the Effects of Fiber-Orientation Design on Flow Behavior and Mechanical Properties of Chopped-Tape CFRTP



白井 武広
Takehito Shirai

チョップドテープCFRTPは、リサイクル炭素繊維の適用性が高く、自動車、航空機、産業機器分野における軽量化と量産性を両立する材料として今後期待されている。一方で、チョップドテープCFRTPの実用化には、繊維配向構造が機械特性や成形時材料流動に強く影響する課題がある。従来の空中分散によるランダム積層方法では、各テープの位置や面内角度を制御することが難しく、巨視的にはランダムに見える構造であっても、局所的には繊維配向異方性が伴っている。このような局所的な配向異方性は、試験片間の引張特性のばらつきだけでなく、プレス成形中の流動抵抗の不均一性にも影響する。したがって、機械特性と成形性を同時に最適化させるためには、成形材料の繊維配向を設計し、その影響を定量的に把握することが重要である。2025年度は、繊維配向の異方性が成形時の材料流動および成形後の機械特性に及ぼす影響を実験的に評価した。

本研究では、熱可塑性エポキシを含浸した一方向炭素繊維テープを26 mmに切断し、自動テープ配置装置を用いて配向設計に従い積層した。4つの配向設計を図1に示す。従来の空気分散材料Conventional CTT(以下 Conv. CTT)、250×250 mm全面にランダム角度を付与したPattern 1、40×40 mmの局所ランダム単位を周期的に反復したPattern 3、さらに2024年度に機械特性を検証した0/45/90/135°の4角度からなるSTEP4を作製した。STEP4とは、全角度を連続的にランダム配置した積層体でなくても、主要な配向成分を適切に組み合わせることで、準等方的な機械特性と流動特性が得られるか検証する目的で設計・製作した。実際の材料設計や成形シミュレーションでは、すべてのテープ角度を完全なランダム分布として扱うと、構造の記述や解析が複雑になる。そこで、STEP4では角度成分を4方向に限定しながら、各方向の出現割合を均等に近づけることで、全角度ランダム材に近い配向バランスを簡略的に再現した。

積層体はプレス成形で平板に成形加工し、成形板から試験片を切り出し、引張試験と平面圧縮流動試験を行った。図2に引張試験結果

Chopped-tape carbon-fiber-reinforced thermoplastics are highly compatible with recycled carbon fibers and are expected to serve as promising materials that combine lightweight performance with high-volume manufacturability in the automotive, aerospace, and industrial equipment sectors. However, their practical application remains challenging because the fiber-orientation structure strongly affects both mechanical properties and material flow during forming. Consequently, even when the material appears macroscopically random, local anisotropy in fiber orientation may still be present. Such local orientation anisotropy affects not only the specimen-to-specimen variation in tensile properties but also the non-uniformity of flow resistance during press forming. Therefore, to simultaneously optimize mechanical performance and formability, it is essential to design the fiber-orientation structure of the molding material and quantitatively determine its effects. In fiscal year 2025, the effects of fiber-orientation anisotropy on material flow during forming and on the mechanical properties of the molded products were experimentally evaluated.

In this study, unidirectional carbon-fiber tapes impregnated with thermoplastic epoxy resin were cut into 26-mm-long pieces and deposited using an automated tape-placement system according to predetermined orientation designs. The four orientation designs are shown in Figure 1. The investigated materials consisted of a conventional air-dispersed material, designated Conventional CTT (Conv. CTT); Pattern 1, in which random in-plane angles were assigned over the entire 250 × 250 mm area; Pattern 3, in which locally randomized 40 × 40 mm units were periodically repeated; and STEP4, consisting of four discrete orientations of 0°, 45°, 90°, and 135°, which was evaluated in fiscal year 2024. The deposited tape assemblies were consolidated into flat plates by press forming. Specimens were then cut from the molded plates and

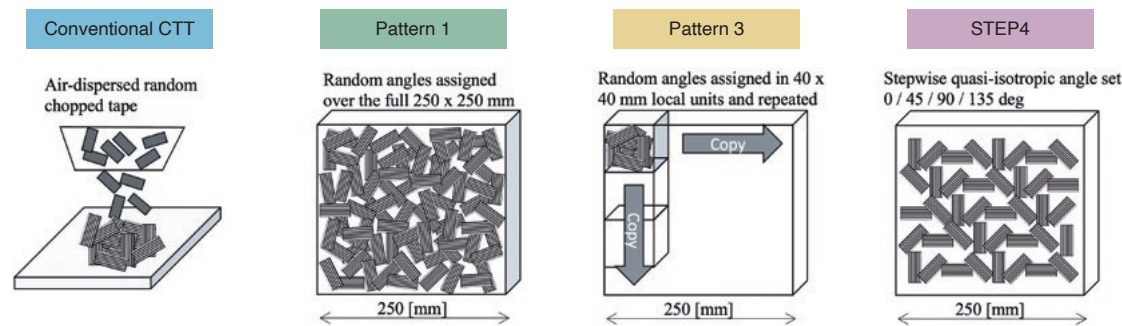


Figure 1 Fiber-orientation designs of chopped-tape CFRTP laminates.

を示す。引張試験結果は、Conv. CTTからSTEP4に向けて引張弾性率が向上し、弾性率の変動係数(CV値)はConv. CTTからSTEP4に向けて低下した。これは、局所的な配向ばらつきが試験片間の物性ばらつきの主要因であり、局所的に等方配向構造を繰り返し配置することで、機械特性を安定化できることを示している。図3に平面圧縮流動試験結果を示す。圧縮応力とせん断ひずみ速度から計算したみかけ粘度は、Conv. CTT、Pattern 1、Pattern 3、STEP4の順に低下し、配向異方性が大きいほど繊維同士の干渉や摩擦により流動抵抗が増加することが確認された。さらに、STEP4はPattern3に近い流動特性を示し、主要な配向角度のみ構成した簡略構造においても、同様の成形挙動が再現できる可能性を示した。

以上より、チョップドテープCFRTPでは、繊維配向の局所的な偏りが成形時の流動抵抗と成形後の機械特性ばらつきを支配する重要因子であることが明らかとなった。本成果は、チョップドテープCFRTPにおける成形性と力学特性を最適化するための配向設計指針であり、今後の配向依存流動解析、プロセスシミュレーション、ならびに成形中品質管理技術に非常に有用である。

subjected to tensile testing and planar compression flow testing. The tensile test results are presented in Figure 2. The tensile modulus increased from Conv. CTT to STEP4, whereas the coefficient of variation (CV) of the modulus decreased in the same order. These results indicate that local variations in fiber orientation are a primary cause of specimen-to-specimen variation in mechanical properties. They also demonstrate that mechanical properties can be stabilized by repeatedly arranging locally quasi-isotropic orientation structures. The planar compression flow test results are shown in Figure 3. The apparent viscosity, calculated from the compressive stress and shear strain rate, decreased in the order of Conv. CTT, Pattern 1, Pattern 3, and STEP4. This trend confirms that greater orientation anisotropy increases flow resistance because of enhanced interaction and friction between the fibers. Furthermore, STEP4 exhibited flow characteristics similar to those of Pattern 3, indicating that macroscopic forming behavior may be reproduced using a simplified orientation model composed of the principal orientation components. These findings provide orientation-design guidelines for the simultaneous control of formability and mechanical properties in chopped-tape CFRTPs. They also establish a useful foundation for future studies on orientation-dependent flow behavior, process simulation, and in-process quality-control technologies.

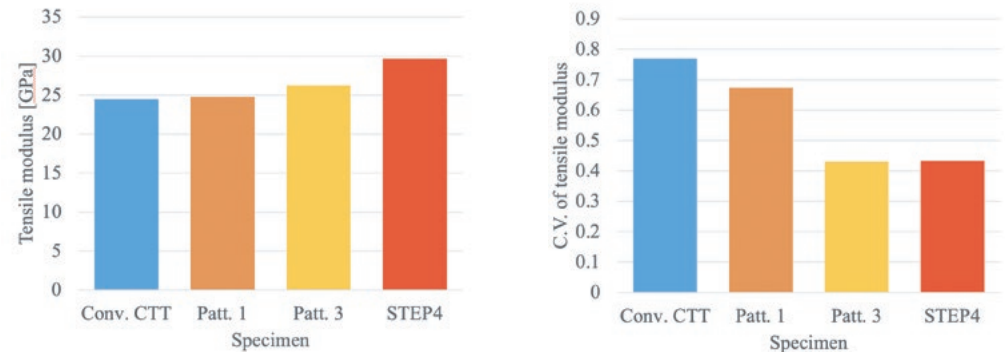


Figure 2 Tensile modulus and coefficient of variation for each fiber-orientation design.

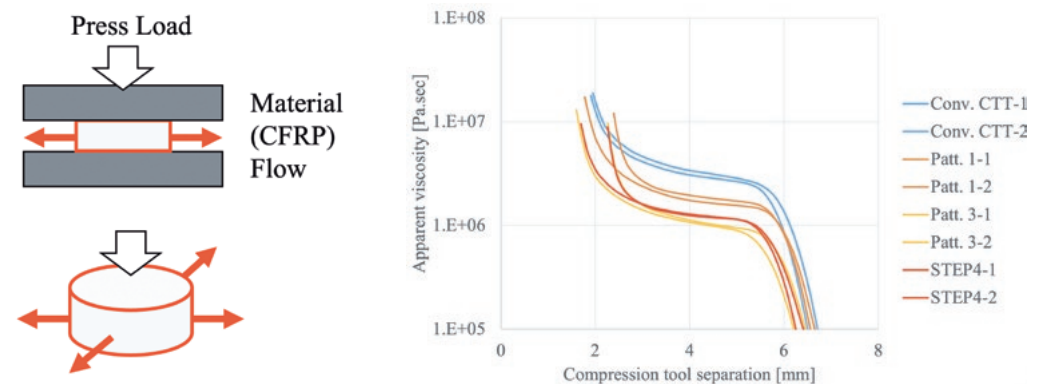


Figure 3 Apparent viscosity obtained from planar compression flow tests for each fiber-orientation design.

ダブルベルトプレスによるrCF湿式不織布を用いたオルガノシート製造

Manufacturing of organosheets from rCF wet-laid nonwovens using a double belt press



石田 応輔
Osuke Ishida



惣川 武勇
Takeo Sogawa



佐久間 忠
Tadashi Sakuma



北田 純一
Junichi Kitada



フランク・マニス
Frank Manis

フラウンホーファーIGCVとICCが立ち上げたFIP-MIRAI@ICCでは、リサイクル炭素繊維(rCF)複合材料の開発、適用、ならびに事業化に取り組んでいる。フラウンホーファーIGCVは湿式技術によりrCF(Carbis CT SM45D-06-50)と樹脂繊維(PA6, Barnet Europe CHB911)を混合したfilamentタイプのrCF不織布を製造している。本研究では、rCF/PA6不織布(150 g/m²)を12枚積層してダブルベルトプレス(DBP)で連続的に成形することでオルガノシート製造を試みた(図1)。

図2にDBP工程における積層体上面および板厚中央部の温度履歴を示す。最初のIHベルト予熱ゾーンでは上面が急速に加熱される一方、中央の昇温は厚み方向への熱伝導のために遅れている。プレスゾーン後半で熔融状態に到達して樹脂含浸が開始され、冷却加圧ゾーンで固化した。作製したオルガノシートは幅560 mm、長さ1.5 m、厚み1.6 mmでVf 25%であった。比較のため、同じ積層構成の試料からホットプレスで作製した場合は、金型の加熱冷却のため成形に34分を要した。DBPはベルト速度0.8 m/minで装置内の滞留時間は約5分であり、非常に高い生産性を示した。

図3に示すように成形品の断面顕微鏡写真は良好な含浸を示した。図4にはオルガノシートから切り出した試験片の曲げ強度と弾性率を示す。機械方向(MD)の方が横方向(CD)よりも値が高く、繊維の配向に起因する異方性が見られた。また、得られた曲げ特性はホットプレスで成形した場合と同等であった。以上より、rCF湿式不織布を用いたオルガノシート製造に対してDBPプロセスは優れた適用性を示した。

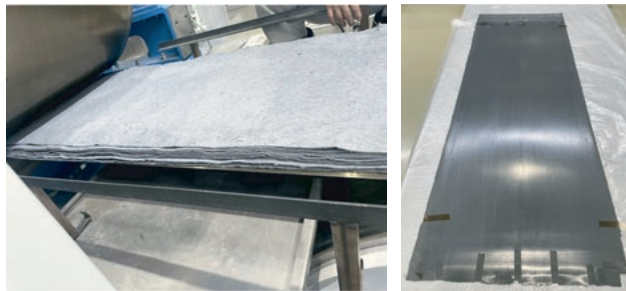


Figure 1 rCF/PA6 nonwovens and fabricated organosheet.

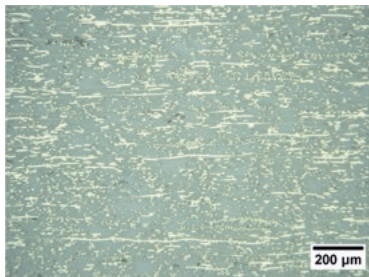


Figure 3 Cross-sectional micrograph of organosheet.

FIP-MIRAI@ICC, established by Fraunhofer IGCV and ICC, focuses on the development, application, and commercialization of recycled carbon fiber (rCF) composites. Fraunhofer IGCV produces rCF filament type nonwovens by blending rCF (Carbis CT SM45D-06-50) with thermoplastic fibers (PA6 Barnet Europe CHB911) using wet-laid technology. In this study, organosheets were fabricated by laminating 12 layers of 150 gsm rCF/PA6 nonwovens and continuously processing them using a double belt press (DBP) (Figure 1). Figure 2 shows the temperature profiles measured at the top and middle of the laminate. In the initial induction-heating (IH) zone, the top surface was heated rapidly, whereas heating at the middle was delayed because of heat transfer through the thickness. In the press zone, the laminate reached the molten state, initiating resin impregnation, followed by solidification in the cooling zone. The fabricated organosheet was 560 mm in width, 1.5 m in length and 1.6 mm in thickness, with the Vf of 25%. By comparison, compression molding required 34 min because of mold heating and cooling. In contrast, the DBP process demonstrated high productivity, operating at a belt speed of 0.8 m/min with a residence time of 5 min. Cross-sectional micrographs (Figure 3) confirmed good resin impregnation. Figure 4 shows the flexural strength and modulus of the organosheet. The values in the machine direction (MD) were higher than those in the cross direction (CD), indicating some anisotropy in fiber orientation. The measured properties were comparable to those obtained by compression molding. The strong potential of the DBP process was demonstrated for manufacturing organosheets from rCF wet-laid nonwovens.

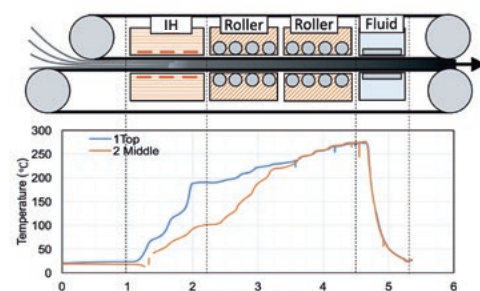


Figure 2 Temperature of rCF/PA6 nonwoven during DBP process.

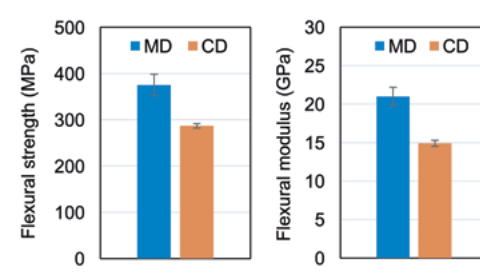


Figure 4 Flexural strength and modulus of organosheet.

CFRTP超音波溶着の振動測定に基づく加熱挙動の分析

Analysis of heating behavior in ultrasonic welding of CFRTP based on vibration measurements



石田 応輔
Osuke Ishida



植村 公彦
Kimihiko Memura



惣川 武勇
Takeo Sogawa



三谷 和民
Kazutami Mitani

超音波溶着とは、被着体に高周波数の振動を与えて接合面に摩擦熱を生じさせて熱溶着する技術である。高速で高効率なプロセスであり、炭素繊維強化熱可塑性樹脂(CFRTP)の接合に対して有望である。その主要な加熱メカニズムの1つは粘弾性発熱であるが、加熱速度は振動周波数、損失弾性率、ひずみに依存する。ひずみは振動振幅に起因するが、被着体がホーンの振動に完全には追従しない現象(ハンマリング効果)が発生するため正確な評価が困難である。そこで本研究は溶着中の振動状態をレーザー変位計で測定して粘弾性発熱への影響を調べた。

図1に実験構成の写真を示す。CF/PA6クーポン試験片の超音波溶着において、ホーン底面、及び被着体表面の振動状態を測定した。上側被着体で計測された波形は複雑な形状で経時的に変化が見られた(図2)。短時間フーリエ変換(STFT)処理を行った結果、ホーンの振動周波数(19 kHz)に主要なシグナルと、その他の周波数の小さな振幅のシグナルの混在が確認された(図3)。レーザー測定点はホーン外側にあるので、拘束条件の違いが接合部とはやや異なる振動状態にしている可能性が考えられる。図4には19 kHzで抽出した振幅と界面温度の経時的変化を示す。被着体の振幅はホーン振幅(53 μm)よりも低く経時的変動が見られた。さらに、振幅のピークが見られる所で昇温速度が増加しており、特に粘弾性発熱挙動へ影響したことが示唆された。以上より、被着体に生じる振幅を適切に制御することが安定的な昇温挙動と溶着品質に重要であることが示唆された。

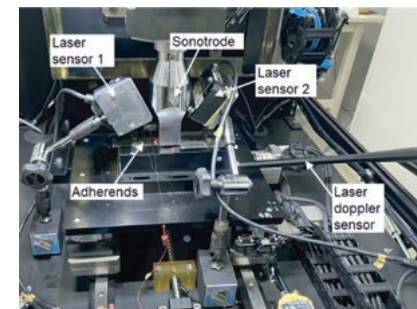


Figure 1 Set-up of ultrasonic welding experiments.

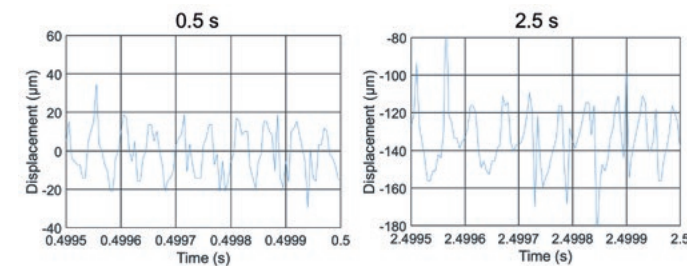


Figure 2 Enlarged views of the displacement measured on the top adherend

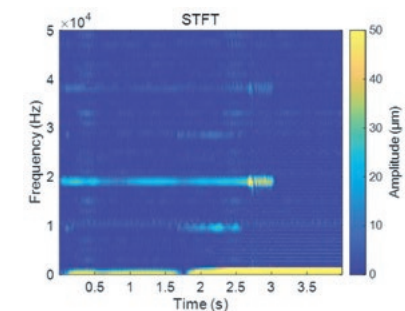


Figure 3 STFT result of the top adherend displacement over time.

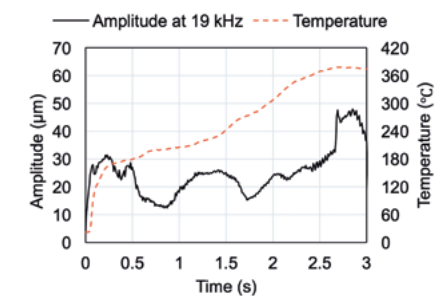


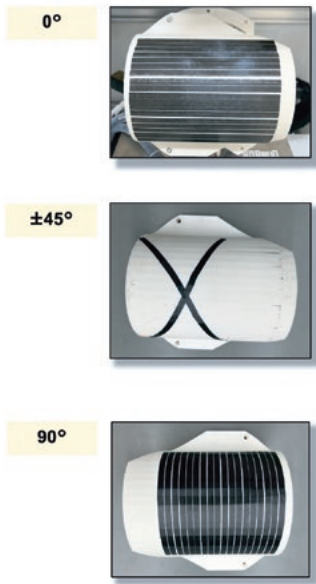
Figure 4 Extracted amplitude of the 19 kHz signal and the interface temperature.

コンパクト自動積層装置と 熱硬化型CFトウプリプレグの開発

Development of REDOX polymerizing resins for split preform / low pressure RTM process

卓上サイズのコンパクトロボットに搭載可能な成形ヘッドと専用プリプレグとがあれば、多種多様な形状のCFRP部品の使用が予想される分野（例えばUrban Air Mobilityなど）でも、高い自由度を持つCADで最適設計された設計図を基に付加製造（Additive Manufacturing）することにより、迅速に製造・供給ができるはずである。連続繊維で強化したトウプリプレグを使用したATL（Automated Tape Laying）により、実用に堪える部品の製造が可能となる。特に、コンパクトロボットに搭載可能な成形ヘッドと専用プリプレグの開発は「小型・複雑・変量生産」を扱う業界にとって大変意義深い。そこでICCでは、長野県諏訪市に本社を置くアスリートFA社と共同で、日本や、その他の人手不足、人件費の高騰に悩む諸外国で企業が導入に躊躇しない規模感の、高性能で小型のATL装置の開発に果敢に取り組んでいる。この装置は、スリムなペン型の積層ヘッドがワーク形状に沿って人間の指の動きに近似した動作をしながら室温ではタックフリーの熱硬化性樹脂含浸CFテープ材料を積層するものである。また、小さな曲率の二次曲面に幅広テープを貼るとシワが発生するが、これを解決するため、テープ長さを自由に調整できる臨機応変なテープカット機構を導入し、積層ヘッドがペンで文字を描くように短尺化されたテープを理想形状に配置することができる（図1参照）。

■ Layup on a Semi-Cylindrical Tool



■ Layup on a Dome-Shaped Tool



Figure 1 Examples of applying tow prepreg to semi-cylindrical and dome shapes.

With a molding head and dedicated prepreg that can be mounted on a desktop-sized compact robot, it should be possible to rapidly manufacture and supply CFRP parts of various shapes in fields where their use is expected (e.g., Urban Air Mobility) by using additive manufacturing based on designs optimized with highly flexible CAD. Automated Tape Laying (ATL) using tow prepreg reinforced with continuous fibers makes it possible to manufacture parts that are suitable for practical use. In particular, the development of a molding head and dedicated prepreg that can be mounted on a compact robot is extremely significant for industries dealing with "small-scale, complex, and variable-volume production." Therefore, ICC, in collaboration with Athlete FA, headquartered in Suwa City, Nagano Prefecture, is boldly working on developing a high-performance, compact ATL device that is on a scale that companies in Japan and other countries suffering from labor shortages and rising labor costs will not hesitate to adopt. This device uses a slim, pen-shaped lamination head that follows the shape of the workpiece, mimicking the movement of a human finger, while laminating tack-free thermosetting resin-impregnated CF tape material at room temperature. Furthermore, while wide tape can wrinkle when applied to a quadratic surface with a small curvature, a flexible tape cutting mechanism that allows for free adjustment of tape length has been introduced to solve this problem. The lamination head can then lay down the shortened tape into an ideal pattern, much like drawing letters with a pen (see Figure 1).



西田 裕文
Hirofumi Nishida



山下 博
Hiroshi Yamashita



内海 陽吉
Akiyoshi Utsumi



高島 永光
Nagamitsu Takashima

ケイ素酸化物骨格樹脂を用いた耐熱CFRPの開発

Development of heat-resistant CFRP using silicon oxide backbone resin

航空宇宙分野の用途の中には、400℃条件下でも強度を維持できる高耐熱性を持ち、簡便な装置での低コストな成形を可能とする高耐熱CFRPが求められている。この400℃という温度帯は、有機系樹脂にとっては熱分解の抑制が極めて困難である。ICCではこの課題に対し、炭素-炭素結合（結合エネルギー：85.3 kcal/mol）よりもはるかに高い結合エネルギーを有するケイ素-酸素結合（結合エネルギー：108 kcal/mol）に着目し、主骨格および硬化後の架橋点が全てケイ素-酸素結合となる熱硬化性樹脂であるシルセスキオキサン（SQ）樹脂の分子設計・合成を試みた（図1参照）。さらに、マトリクスと炭素繊維（CF）の界面接着性を改善させる目的で、CFの表面処理を実施した。

SQ樹脂は500℃以下の温度でも熱分解しないことを確認した（図2）。図3に示すとおり、室温におけるCFRPの曲げ強度はGFRPと同程度であり、400℃では室温の約30%で、外観変化はなかった。CFRPの曲げ弾性率はGFRPよりも高く、400℃でも同程度の値を維持した。しかしながら、曲げ強度はエポキシ樹脂マトリクスを用いたCFRPよりも低かった。SEM観察から、SQ樹脂はCF表面に接着したまま圧縮破壊を起こしていることから、室温での曲げ強度が低いのは、SQ樹脂の脆さが原因と考えられる。現在SQ樹脂の脆さを根本的に解決するため検討を進めている。

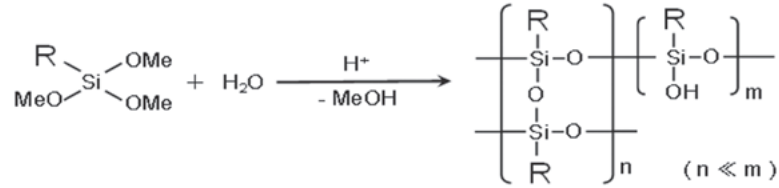


Figure 1 Typical synthesis pathway for Silsesquioxane (SQ) resins

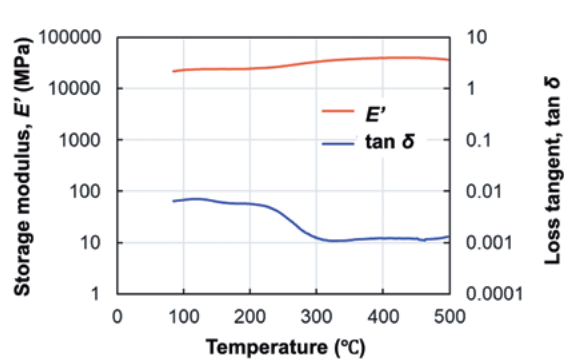


Figure 2 Dynamic mechanical analysis for SQ-based CFRP



西田 裕文
Hirofumi Nishida



織田 志保
Shoko Oda



山下 博
Hiroshi Yamashita

In the aerospace sector, there is a demand for high-heat-resistant CFRP that can maintain its strength even under 400℃ conditions and enables low-cost molding with simple equipment. This 400℃ temperature range is extremely difficult to suppress for organic resins due to thermal decomposition. To address this challenge, ICC focused on silicon-oxygen bonds (bond energy: 108 kcal/mol), which have a much higher bond energy than carbon-carbon bonds (bond energy: 85.3 kcal/mol). We attempted the molecular design and synthesis of silsesquioxane (SQ) resin, a thermosetting resin in which the main backbone and crosslinking points after curing are all silicon-oxygen bonds (see Figure 1). Furthermore, to improve the interfacial adhesion between the matrix and carbon fibers (CF), we performed surface treatment on the CF.

We confirmed that the SQ resin does not thermally decompose even at temperatures below 500℃ (see Figure 2). As shown in Figure 3, the flexural strength of the CFRP at room temperature was comparable to that of GFRP, and at 400℃ it was approximately 30% of room temperature, with no change in appearance. The flexural modulus of CFRP was higher than that of GFRP, and it maintained a similar value even at 400℃. However, the flexural strength was lower than that of CFRP using an epoxy resin matrix. SEM observations showed that the SQ resin underwent compressive failure while adhering to the CF surface, suggesting that the low flexural strength at room temperature is due to the brittleness of the SQ resin. We are currently investigating ways to fundamentally resolve the brittleness of the SQ resin.

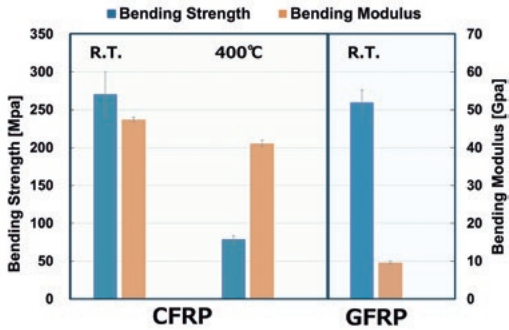


Figure 3 Bending test results at room temperature and 400℃

LM-PAEK / CFのAFP成形温度履歴と結晶化特性に関する検討

Investigation of Temperature History and Crystallization Behavior of LM-PAEK / CF during AFP Processing

田中 宏明
Hiroaki Tanaka山下 博
Hiroshi Yamashita織田 志保
Shiko Oda長橋 明臣
Akio Nagashima寺田 真利子
Mariko Terada

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) が推進する宇宙戦略基金事業において、丸八株式会社を代表機関とする技術開発課題「DX技術を活用した低コスト熱可塑CFRP製大型タンクの設計・製造技術の高度化」が採択された。従来のアルミニウム合金製ロケット用極低温液体水素推進薬タンクの大幅な軽量化に向け、熱可塑性複合材料による製造プロセスの構築を目指している。ICCは東京大学とともに同課題に参画し、関連研究を進めている。

使用するLM-PAEK/CFは、高い比強度・比剛性に加え、耐熱性、耐薬品性、靱性および融着性に優れ、極低温推進薬タンクへの適用が期待される。一方、LM-PAEKは結晶性熱可塑性樹脂であり、結晶構造および結晶化度が成形時の温度履歴に大きく依存するとされている。特にAFP成形では、局所加熱、加圧、冷却、後続層積層時の再加熱が連続的に生じ、積層体内部に複雑な温度履歴が形成される。しかし、実際のAFPプロセスでの温度履歴が、結晶化特性および機械特性に及ぼす影響は十分に明らかになっていない。

そこでICCでは、AFP成形中の温度履歴を取得し(図1)、材料が受ける加熱、冷却、再加熱挙動を評価した。また、LM-PAEKを含む熱可塑性樹脂について、示差走査熱量測定(DSC)により冷却速度と結晶化度の関係を評価した(図2)。これに基づき、温度履歴が結晶状態に及ぼす影響を整理するとともに、今後は、結晶状態および積層体内部品質が層間せん断強度や層間破壊靱性などの機械特性に及ぼす影響を明らかにする。これにより、熱可塑性CFRP製大型構造体の成形品質管理指針の構築とプロセス条件最適化への展開を目指す。

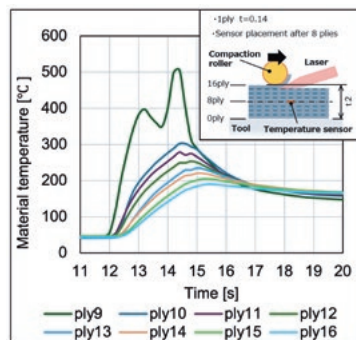


Figure 1 Temperature history of the material during AFP processing (plies 9–16)

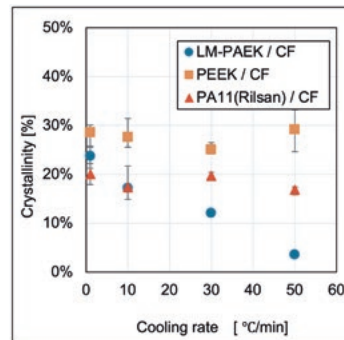


Figure 2 The Effect of Cooling Rate on the Crystallinity Determined by DSC

* Project Name (Abbreviation) : “TRIDENT”
Thermoplastic-based Real Intelligence Design
for Engineered Next-generation Tank
The logo is based on the image of the three institutions—Red/Maruhachi, Sky Blue/The University of Tokyo, and Navy/Kanazawa Institute of Technology—coming together as one to drive the project forward like an arrow.



*This project is being carried out as a contract project of the JPJXSSF24MT05A01 Space Strategy Fund.



Thermo-kinetic Mixingによる木質強化複合材料の開発

Development of Wood-Reinforced Composites Using Thermo-kinetic Mixing

田中 宏明
Hiroaki Tanaka三木 恒久
Tsuchida Miki長橋 明臣
Akio Nagashima斎藤 久美子
Kumiko Saito渡辺 敦子
Atsuko Watanabe

金沢工大・産総研 先端複合材料ブリッジ・イノベーション・ラボラトリ(BIL)では、金沢工大の複合材料成形プロセス技術と産総研の木質材料の改質・成形技術を融合し、資源循環およびCO₂排出削減に資する材料開発を進めている。本研究では、木材や竹などの天然資源を活用した資源循環型複合材料の創製を目的に、Thermo-kinetic mixing(TKM)により木質強化複合材料を作製し、射出成形品の機械特性を評価した。木質強化複合材料は、木材由来資源の有効利用とプラスチック使用量の低減を両立できる一方、木質成分は熱劣化しやすく、高含有化に伴う樹脂浸透性の確保が課題となる。そこで、外部加熱を用いず、高速回転インペラによる衝突、摩擦およびせん断に伴う自己発熱で短時間に複合化するTKMに着目した。図1に使用したMF式混合溶融機(樹放電精密加工研究所製)を示す。

材料には地域由来の廃木質チップおよび竹系材料(図2(a))を用い、PPと無水マレイン酸変性PPを使用した。TKMにより、木質含有率50～80 wt%の木質/PPコンパウンド(図2(b))約500 gを約50秒で作製可能であった。射出成形では、50～70 wt%で完全充填された試験片が得られたが、80 wt%ではショートショットが発生した。図3に示すように、スギ/PPおよびヒバ/PP複合材料はいずれもPP単体を上回る曲げ強度および曲げ弾性率を示し、木質成分による補強効果が確認された。特に、水添加と相溶化剤の併用により曲げ強度が最大となり、昇温抑制、解繊・分散促進、界面接着性向上が寄与した可能性がある。今後はPA11などの天然由来樹脂にも展開し、天然由来成分を主体とする資源循環型複合材料の開発を目指す。



Figure 1 MF mixing and melting machine manufactured by Hoden Seimitsu Kako Kenkyusho Co., Ltd.

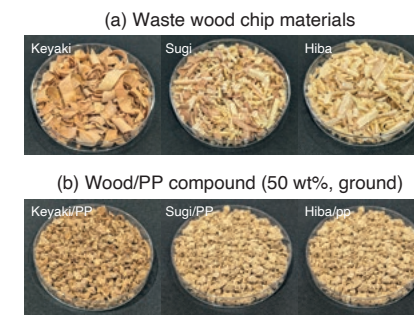


Figure 2 Appearance of waste wood chips and ground wood/PP compounds

At the KIT-AIST Bridge Innovation Laboratory (BIL), materials supporting resource circulation and CO₂ emission reduction are being developed by integrating KIT's composite molding technologies with AIST's wood-based material modification and forming technologies. In this study, wood-reinforced composites were fabricated by Thermo-kinetic mixing (TKM), and the mechanical properties of injection-molded products were evaluated to create resource-circulating composites from wood and bamboo. Wood-reinforced composites can promote effective use of wood-derived resources and reduce plastic consumption. However, wood components are susceptible to thermal degradation, and at high wood contents, sufficient resin penetration is required. Therefore, this study focused on TKM, which rapidly compounds materials without external heating by using self-heating generated through collisions, friction, and shear induced by a high-speed rotating impeller. Figure 1 shows the MF mixing and melting machine manufactured by Hoden Seimitsu Kako Kenkyusho Co., Ltd.

Regional waste wood chips and bamboo-based materials were used as raw materials (Figure 2(a)), together with PP and maleic anhydride-modified PP. Using TKM, approximately 500 g of wood/PP compounds with wood contents of 50–80 wt% were produced in about 50 s (Figure 2(b)). Injection molding yielded fully filled specimens at 50–70 wt%, whereas short shots occurred at 80 wt%. As shown in Figure 3, cedar/PP and hiba/PP composites exhibited higher flexural strength and modulus than neat PP, confirming the reinforcing effect of wood components. The highest flexural strength was obtained by combining water addition and compatibilizer, possibly due to suppressed temperature rise, enhanced fibrillation and dispersion, and improved interfacial adhesion. Future work will extend this approach to PA11 and other naturally derived resins.

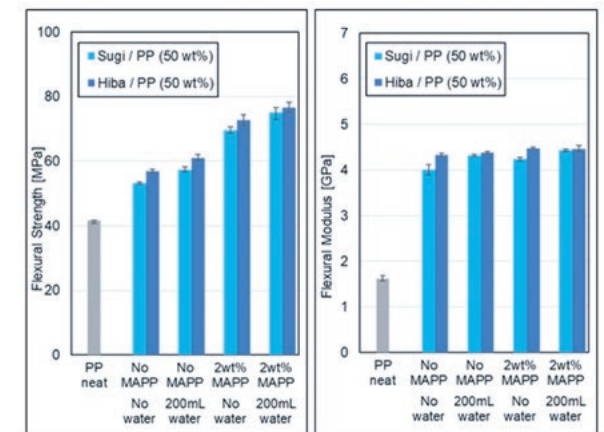


Figure 3 Effect of water addition and compatibilizer on the flexural properties of wood/PP composites

山中漆器産業における資源循環型プレス成形技術の展開

Development of Press Molding Technology for Resource Circulation in the Yamanaka Lacquerware Industry



堀川 正史
Masashi Arikawa



三木 恒久
Tsunehisa Miki



田中 宏明
Hiroaki Tanaka



石田 応輔
Ousuke Ishida



惣川 武勇
Takeo Sougawa

金沢工大・産総研 先端複合材料ブリッジ・イノベーション・ラボラトリ(BIL)では、地域産業から発生する木質資源を資源循環型複合材料として再利用する技術開発を進めている。山中漆器は「木地の山中」と称される高度な木地挽物技術を有する一方、加工工程では多量の削り屑や廃木材が発生する。これらの未利用木質資源を漆器産業内で再活用可能な成形材料へ転換することは、地域産業における資源循環の重要な課題である。

今年度は、山中漆器産業由来の廃木材を対象に、材料化から成形品試作、展示会発信までを一連のプロセスとして検討した。具体的には、廃木材を樹脂含浸および樹脂混練により複合材料化し、熱プレス成形に適用可能なシート状中間基材として調製した。また、量産化や大型成形品への展開を見据え、図1に示すダブルベルトプレスによる連続式中間基材の調製も検討した。

得られた中間基材は、熱プレス成形条件を検討したうえで、図2に示すように、従来の轆轤挽では加工が困難な複雑形状のお猪口木地や角型の名刺盆木地として成形した。さらに、塗装・加飾処理により、素材由来の風合いを生かしながら山中漆器としての意匠性と表面品質を付与し、展示用試作品を製作した。

試作品は名古屋テーブルトップショー、東京ギフトショー等に出展し、来場者や関係事業者に対して、伝統工芸分野における資源循環の取り組みと、プレス成形技術を活用した新たな製品展開の可能性を広く発信した。本取り組みにより、廃木材の複合材料化から中間基材作製、熱プレス成形、塗装・加飾、展示会発信までを連続した技術実証として示し、山中漆器産業における資源循環型ものづくりの社会実装に向けた基盤を構築した。



Figure 1 Double belt press system used for continuous preparation of sheet-like intermediate materials

At the KIT-AIST Advanced Composite Bridge Innovation Laboratory (BIL), research is being conducted to reuse wood-based resources generated by regional industries as resource-circulating composite materials. Yamanaka lacquerware, a traditional craft from Ishikawa Prefecture, is known for its advanced wood-turning techniques; however, its manufacturing process generates large amounts of shavings and waste wood. Converting these unused resources into moldable materials that can be reused within the lacquerware industry is an important challenge for promoting regional resource circulation.

In FY2025, we investigated an integrated process using waste wood from the Yamanaka lacquerware industry, ranging from material development to prototype fabrication and dissemination through exhibitions. The waste wood was converted into composite materials through resin impregnation and melt-kneading, and then prepared as sheet-like intermediate materials for hot press molding. In addition, with a view toward mass production and application to larger molded products, the continuous preparation of these intermediate materials using the double belt press shown in Figure 1 was also examined.

The obtained intermediate materials were hot-press molded into wood substrates for complex-shaped small sake cups and rectangular business card trays, as shown in Figure 2. These shapes are difficult to produce by conventional wood turning. Coating and decorative finishing were then applied to impart the design characteristics and surface quality of Yamanaka lacquerware while retaining the natural texture of the material. The prototypes were exhibited at the Nagoya Tabletop Show, Tokyo Gift Show, and other events, where the concept of resource circulation in traditional crafts and the potential of press molding technology for new product development were widely disseminated. This work demonstrated an integrated process from the conversion of waste wood into composite materials to intermediate material preparation, hot press molding, finishing, and dissemination through exhibitions, thereby establishing a foundation for the social implementation of resource-circulating production in the Yamanaka



Figure 2 Small cup and tray prototypes fabricated from waste wood chips impregnated with thermosetting resin

木質複合材料の混練・射出成形過程における熱劣化評価

Evaluation of Thermal Degradation in Wood-Plastic Composites during Thermo-Kinetic Mixing and Injection Molding



西田 雅一
Masakazu Nishida



三木 恒久
Tsunehisa Miki



田中 宏明
Hiroaki Tanaka

木質複合材料をサーモキネティックミキシング(TKM: Thermo-kinetic mixing)により製造する際には、摩擦発熱による急激な温度上昇と、高速回転インペラに起因する強いせん断作用が生じる。また、得られた材料は射出成形法(図1)により最終形状へ成形されることが多い。射出成形では、シリンダ内での外部加熱やスクリュによる可塑化・混練に加え、ランナーおよびキャビティの高速充填時に生じるせん断発熱の影響も受けるため、材料は製造・成形の両過程で熱的・機械的負荷にさらされる。

特に木質成分は熱に敏感であり、過度な熱・せん断履歴は、木質成分の熱分解、樹脂成分の劣化、界面構造および成形体特性の変化を引き起こす可能性がある。赤外分光法(FT-IR: Fourier Transform Infrared Spectroscopy)は、材料中の官能基や化学結合状態の変化を評価できる手法であり、熱劣化・熱分解に伴う化学構造変化の把握に有効である。

本研究では、全反射測定法フーリエ変換赤外分光装置(ATR-FTIR: Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectrometer)(図2)を用い、前処理なしで試料表面のスペクトルを取得し、ケヤキ(木質)の糖鎖由来ピーク(1050 cm^{-1})とポリアミド11(PA11)特有のアミド基由来ピーク(1560 cm^{-1})の強度比から木質複合材料の熱劣化を評価した(図3)。TKMプロセスにおける混練時間の増加に伴い、糖鎖由来ピークは減少した一方で、PA11の分解はほとんど進行していないことが明らかになった。以上から、樹脂成分に先立ち木質成分の糖鎖分解が進行し、この低分子化による粘度低下が流動性増大に寄与することがわかった。今後は、熱重量測定、示差走査熱量測定および熱分解ガスクロマトグラフ質量分析を行い、 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上の高温域における詳細な熱分解挙動、発生ガスの同定、ならびに熱分解メカニズムを明らかにする。



Figure 1 Injection molding machine



Figure 2 ATR-FTIR spectrometer

When wood-plastic composites are produced by thermo-kinetic mixing (TKM), they are subjected to rapid frictional heating and strong shear generated by a high-speed impeller. The resulting materials are often formed into final shapes by injection molding (Figure 1), where they are further exposed to external cylinder heating, screw plasticization/mixing, and shear heating during high-speed filling through the runner and cavity. Thus, the materials experience thermal and mechanical loads during both production and molding.

Because wood components are heat-sensitive, excessive thermal and shear histories may cause thermal decomposition of the wood components, degradation of the resin component, and changes in the interfacial structure and molded-part properties. Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) is useful for evaluating changes in functional groups and chemical bonding states associated with thermal degradation and decomposition.

In this study, sample surface spectra were obtained without pretreatment using an attenuated total reflection Fourier transform infrared spectrometer (ATR-FTIR) (Figure 2). Thermal degradation of the wood-plastic composites was evaluated from the intensity ratio between the polysaccharide-derived peak of Japanese zelkova wood at 1050 cm^{-1} and the characteristic amide-derived peak of polyamide 11 (PA11) at 1560 cm^{-1} (Figure 3). The polysaccharide-derived peak decreased with increasing mixing time in the TKM process, whereas PA11 degradation was negligible. These results suggest that decomposition of polysaccharide components in the wood proceeded prior to degradation of the resin component, and that the resulting molecular weight reduction contributed to lower viscosity and increased flowability. In future work, thermogravimetric analysis (TGA), differential scanning calorimetry (DSC), and pyrolysis gas chromatography-mass spectrometry (Py-GC/MS) will be performed to investigate detailed thermal decomposition behavior above $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, identify evolved gases, and elucidate the thermal decomposition mechanism.

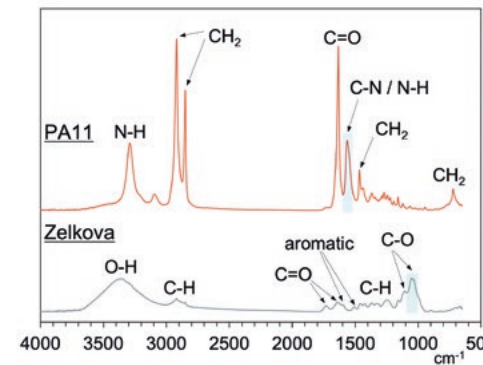


Figure 3 ATR-FTIR spectra of Japanese Zelkova and PA11, and their peak assignments.

リグニン骨格を有する熱硬化性樹脂の創製

Synthesis of a Lignin-Based Thermosetting Resin

近年、バイオベース樹脂は環境負荷低減に貢献し得る材料として注目されている。ICCでは、芳香族構造を主骨格にもつ高分子であるリグニンに着目し、グリコールリグニン(GL)を出発原料としたリグニン骨格メタクリレート樹脂の創製を検討している。これまでに、エステル交換法によりGLヘメタクリレート基を導入し、得られたメタクリレート化GL(GL-MMA)がラジカル重合により硬化物を形成することを確認している。

今年度は、GLのメタクリレート化反応における合成条件の最適化を目的として、溶媒種、反応温度および反応物濃度が反応に及ぼす影響について検討した。具体的には、ジメチルホルムアミド(DMF)およびジメチルスルホキシド(DMSO)を溶媒として用い、反応温度を70~130℃の範囲で変化させた。反応条件の詳細および各条件における合成結果を表1に示す。その結果、エステル交換率および副反応として生じるポリメタクリル酸メチル(PMMA)の生成率は、溶媒種、反応物濃度および反応温度に依存することが明らかとなった。本検討範囲では、エステル交換率およびPMMA生成率の観点から、表1に示す条件Eが最も良好であり、この条件における収率は約50%であった。

GL、GL-MMA(試料E)およびその硬化物(Cured GL-MMA)の熱分解挙動を、熱重量分析(TGA)により評価した結果を図1に示す。GL-MMAおよびCured GL-MMAでは、GLと比較して主分解領域が高温側へシフトする傾向が認められた。この変化は、メタクリレート基の導入および硬化に伴う分子構造の変化に起因する可能性がある。

以上より、GLのメタクリレート化における有効な反応条件を見出すとともに、メタクリレート化および硬化に伴う熱分解挙動の変化を確認した。一方で、本合成法では大量のDMFを必要とするため、溶媒使用量の低減、代替溶媒の検討、および副反応の抑制が今後の課題である。

Case	Reactor	Catalyst	Inhibitor	Solvent	Reaction	Results
A	GL: 0.25g MMA: 7.8g	LiCl: 45mg CaO: 180mg	Methoxy Phenol: 15mg	DMSO: 50.0g	90°Cx5hr 110°Cx5hr 130°Cx5hr	The transesterification ratio of terminals of PEG in GL was 11%. A small amount of PMMA was observed.
B	GL: 0.50g MMA: 15.6g	LiCl: 45mg CaO: 180mg	Methoxy Phenol: 30mg	DMSO: 50.0g	90°Cx5hr 110°Cx5hr 130°Cx5hr	The transesterification ratio of terminals of PEG in GL was 50%. A small amount of PMMA was observed.
C	GL: 0.40g MMA: 12.0g	LiCl: 72mg CaO: 280mg	Methoxy Phenol: 20mg	DMSO: 16.0g	90°Cx5hr 110°Cx5hr 130°Cx5hr	Most of all terminals of PEG in GL were esterified. PMMA was mixed in the obtained resin.
D	GL: 0.43g MMA: 12.8g	LiCl: 71mg CaO: 280mg	Methoxy Phenol: 23mg	DMF: 12.4g	90°Cx5hr 110°Cx5hr 130°Cx5hr	Most of all terminals of PEG in GL were esterified. PMMA was mixed in the obtained resin, although the ratio of PMMA was smaller than that in Case C.
E	GL: 1.0g MMA: 10.0g	LiCl: 200mg CaO: 800mg	Methoxy Phenol: 50mg	DMF: 20.0g	70°Cx5hr 90°Cx5hr 110°Cx10hr	Most of all terminals of PEG in GL were esterified. PMMA was not observed in the observed resin.
Methacrylic GL was synthesized with GL and MMA by transesterification in both of DMSO and DMF solutions. The concentration of reactant was higher, transesterification rate was higher. However, the rate of radical polymerization of MMA was also higher. The rate of radical polymerization in DMF solution was lower than that in DMSO solution. Radical polymerization of MMA was inhibited at the upper limit temperature of 110 °C.						

Table 1 The detailed reaction conditions and characterization results of the obtained resins.



山中 淳彦
Atsuhiko Yamanaka

寺田 真利子
Mariko Terada

西田 雅一
Masakazu Nishida

西田 裕文
Hirofumi Nishida

In recent years, bio-based resins have attracted attention as materials that can contribute to reducing environmental impact. At ICC, we have focused on lignin, a polymer with an aromatic backbone, and are investigating the development of lignin-based methacrylate resins using glycol lignin (GL) as a starting material. To date, methacrylate groups have been introduced into GL by transesterification, and the resulting methacrylated GL (GL-MMA) has been confirmed to form cured products through radical polymerization. This fiscal year, we investigated the effects of solvent type, reaction temperature, and reactant concentration on the methacrylation reaction of GL, with the aim of optimizing the synthesis conditions. Specifically, dimethylformamide (DMF) and dimethyl sulfoxide (DMSO) were used as solvents, and the reaction temperature was varied in the range of 70-130 °C. The detailed reaction conditions and synthesis results under each condition are summarized in Table 1. The results showed that both the transesterification ratio and the formation of polymethyl methacrylate (PMMA), which was generated as a side reaction, depended on the solvent type, reactant concentration, and reaction temperature. Within the investigated range, Case E shown in Table 1 was found to be the most favorable in terms of both the transesterification ratio and PMMA formation. The yield under this condition was approximately 50%.

The thermal decomposition behavior of GL, GL-MMA (Sample E), and its cured product (Cured GL-MMA) was evaluated by thermogravimetric analysis (TGA), and the results are shown in Figure 1. For both GL-MMA and Cured GL-MMA, the main decomposition region shifted to higher temperatures compared with that of GL. This change may be attributed to changes in the molecular structure associated with the introduction of methacrylate groups and the curing process.

In summary, effective reaction conditions for the methacrylation of GL were identified, and changes in thermal decomposition behavior associated with methacrylation and curing were confirmed. However, since this synthesis method requires a large amount of DMF, reducing solvent consumption, exploring alternative solvents, and suppressing side reactions remain challenges for future work.

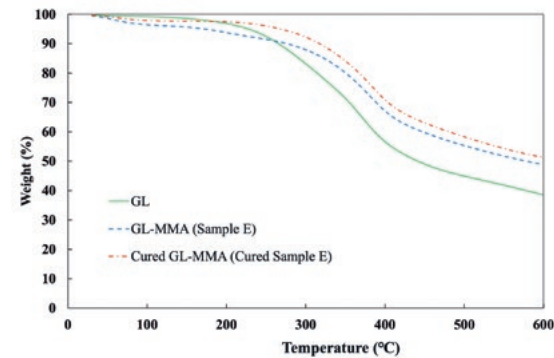


Figure 1 TGA curves of GL, GL-MMA (Sample E), and Cured GL-MMA

植物繊維系複合材料の基本物性

Basic mechanical properties of plant fiber-reinforced composite materials

繊維強化複合材料(FRP)は、軽量かつ高強度・高弾性率を有する材料として広く実用化されてきた。一方で、近年はライフサイクル全体を考慮した環境負荷低減が求められており、植物繊維を強化繊維とするFRPは、その候補材料として注目されている。ICCでは、内閣府採択事業「環境適合型複合材料川中産業創出プロジェクト」の一環として、2023年度より植物繊維系複合材料に関する検討を開始した。

本研究では、既存の植物繊維を強化繊維とする複合材料を作製し、基本物性として曲げ特性および引張特性を評価した。市販の植物繊維の中でも、亜麻(flax)、ヘンプ(hemp)および苧麻(ramie)は比較的高い弾性率と強度を有し、強化繊維として期待されている。表1に、これら3種類の繊維の比較を示す。本検討では、コスト面で有利な亜麻(flax)およびヘンプ(hemp)を優先的に評価した。

強化形態および繊維体積含有率(Vf)の異なるFRPを、同一のエポキシ樹脂を用いてRTM法により成形した。図1に、カナダ産 hemp mat およびこれを強化繊維として成形したFRPの一例を示す。成形したFRPの引張弾性率および曲げ弾性率はいずれも Vf に対して概ね線形の関係を示し、複合則と整合する傾向が認められた。このことから、弾性率は繊維の力学特性および Vf により概ね予測可能であることが示唆された。

図2および図3に、各FRPの引張特性および曲げ特性における位置づけを示す。比較として、flax UD プリプレグを用いたFRPおよび新規素材として評価した稲わら繊維強化樹脂の特性も示したが、いずれも既存の植物繊維強化樹脂と類似した傾向が認められた。

以上より、植物繊維強化樹脂の弾性率については、繊維物性および Vf を用いた予測・設計が可能であることが確認された。一方で、強度特性については、繊維配向、界面接着性、空隙、繊維品質のばらつきなどの影響を考慮する必要がある。

	Ranking of Specific Modulus	Number of Harvest (/Year)	Processing Difficulty	Cultivation Area	Cost	Rank
Flax	1	1	Good	France, Canada, Russia, China, India	Medium	2
Hemp	2	>3	Good	China, France, Germany, Canada, USA, Thailand	Low	1
Ramie	3	>3	Poor	China, Korea, Taiwan, Philippines	High	3

Low Cost - Hemp-FRP

Ramie can be grown in Ishikawa.

Table 1 Comparison of flax, hemp, and ramie as reinforcing fibers.

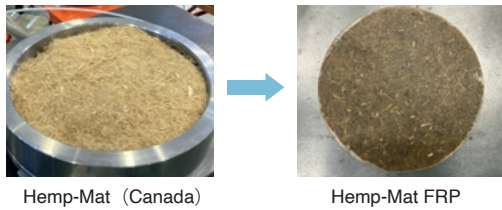


Figure 1 Hemp mat produced in Canada and FRP molded by the RTM method at ICC using the mat as reinforcement.



山中 淳彦
Atsuhiko Yamanaka

寺田 真利子
Mariko Terada

佐久間 忠
Tadasaki Sakuma

乾 伸晃
Nobuaki Inui

布谷 勝彦
Katsuhiko Nunotani

小田切 信之
Nobuyuki Odagiri

Fiber-reinforced plastics (FRP) have been widely used as lightweight materials with high strength and high modulus. In recent years, however, there has been a growing demand for reducing environmental impact throughout the entire life cycle of materials. In this context, FRP reinforced with plant fibers have attracted attention as promising candidate materials. At ICC, research on plant fiber-based composite materials has been underway since fiscal year 2023 as the Cabinet Office's Regional University and regional Industry Creation Grant.

In this study, composites reinforced with commercially available plant fibers were fabricated, and their fundamental mechanical properties, namely flexural and tensile properties, were evaluated. Among commercially available plant fibers, flax, hemp, and ramie exhibit relatively high modulus and strength, and are therefore considered promising reinforcing fibers for FRP. Table 1 shows a comparison of these three types of fibers. In this study, flax and hemp were selected for priority evaluation because of their cost advantages.

FRP with different reinforcement forms and fiber volume fractions (Vf) were fabricated by the RTM method using the same epoxy resin. Figure 1 shows an example of a hemp mat produced in Canada and an FRP molded using the mat as the reinforcing material. Both the tensile modulus and flexural modulus of the fabricated FRP showed approximately linear relationships with Vf, indicating trends consistent with the rule of mixtures. These results suggest that the modulus can be approximately predicted from the mechanical properties of the fibers and Vf.

Figures 2 and 3 show the relative positions of the FRP in terms of tensile and flexural properties, respectively. For comparison, the properties of an FRP fabricated using flax UD prepreg and those of a rice-straw fiber reinforced plastics evaluated as a novel material are also shown. Both showed trends similar to those of conventional plant fiber-reinforced plastics.

Based on these results, it was confirmed that the modulus of plant fiber-reinforced plastics can be predicted and designed using the fiber properties and Vf. On the other hand, for strength properties, it is necessary to consider the effects of factors such as fiber orientation, interfacial adhesion, voids, and variability in fiber quality.

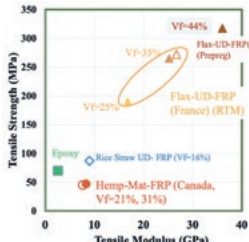


Figure 2 Tensile properties of several types of plant fiber-reinforced plastics.

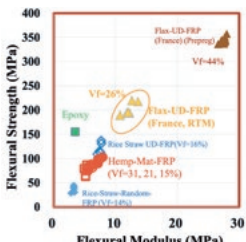


Figure 3 Flexural properties of several types of plant fiber-reinforced plastics.

様々な測定方法を用いた繊維-樹脂界面の接着性評価

Measurement of Interfacial Shear Strength Using Various Testing Methods



山下 博
Hiroshi Yamashita

織田 志保
Shiho Oda

繊維強化プラスチック（FRP）には繊維と樹脂の間に界面が存在し、力や振動、熱などはこの界面を介して伝達される。FRPの性能を最大限引き出すには、繊維/樹脂の界面接着性の最適化が重要である。繊維/樹脂の界面接着性を最適化するためには、界面接着性の評価が必要であり、評価指標のひとつとして界面せん断強度がある。

ICCでは、主にマイクロドロップレット試験およびフラグメンテーション試験による界面接着性の評価を行っている。また、今回は、ドイツのTextechno社から貸与されたFIMATESTシステム（図1）を用いてプルアウト試験を実施した。

マイクロドロップレット試験は、SUSプレートにCF単繊維を固定し、樹脂をホットプレートで加熱し溶融させたところにCF単繊維を付着させる。次にホットプレス機を用いて上下から加熱し、樹脂玉を作製する。これを試験機に取り付け、樹脂玉をブレードで挟みCF単繊維を引き抜く試験方法である（図2）。

フラグメンテーション試験は、CF単繊維を2枚の樹脂フィルムで挟み、ホットプレス機を用いて加熱一体化させた後に、ダンベル状に打ち抜き、試験体を作製する。これを単繊維が破断しなくなるまで引っ張り、繊維の破断長を測定し、界面せん断強度を算出する試験方法である（図3）。

プルアウト試験は、FIMABONDにてまず試験片を作製する（図1左）。樹脂ペレットをアルミニウムの台座に載せ、装置に設置して加熱溶融させる。溶融後、CF単繊維を固定したカメラを溶融した樹脂表面まで降下させる。規定の埋め込み長になるようにCF単繊維を樹脂内に挿入し、冷却することで試験体ができる。プルアウト試験は、FAVIMAT+（図1右）にて実施する。



Figure 1 FIMATEST (Left: FIMABOND, right: FAVIMAT+)

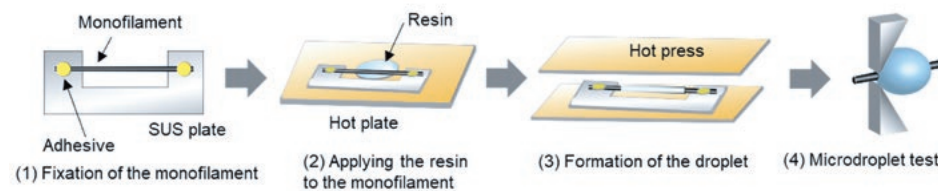


Figure 2 Schematic diagram of the microdroplet test.

Fiber-reinforced plastics (FRP) contain an interface between the fibers and the resin, through which mechanical loads, vibrations, and heat are transmitted. To fully exploit the performance of FRPs, it is essential to optimize the interfacial adhesion between the fiber and the resin. Evaluating this interfacial adhesion is therefore crucial, and one of the key indicators used for this purpose is the interfacial shear strength (IFSS).

At our center, interfacial adhesion is primarily evaluated using the microdroplet test and the single-fiber fragmentation test. In addition, for this study, we conducted pull-out tests using the FIMATEST system (Figure 1), which was provided by Textechno (Germany).

Microdroplet testing involves fixing a CF monofilament onto a SUS plate, then heating the resin on a hot plate until it melts and attaching the CF filament to the molten resin. Next, the resin droplet is formed by heating from both the upper and lower sides using a hot press machine. The specimen is then mounted on the testing apparatus, where the resin droplet is gripped by a blade and the CF monofilament is pulled out to evaluate interfacial adhesion (Figure 2).

The fragmentation test involves sandwiching a CF monofilament between two resin films and consolidating them by heating with a hot press machine. Afterward, the specimen is punched into a dumbbell shape. This specimen is then subjected to tensile loading until the monofilament no longer fractures, and the fragment length of the fiber is measured to calculate the interfacial shear strength (Figure 3).

In the pull out test, a resin pellet is placed on an aluminum pedestal, set in the apparatus, and heated until molten. After

プルアウト試験体を上下反転し、台座を上部のチャックに固定する。次にマイクロスコープで観察しながらCF単繊維を下部のチャックで挟み引き抜き、荷重および埋め込み長を測定する（図4）。

使用した樹脂は、ポリプロピレン（PP）をマトリックスとし、相溶化剤にイソタクチックポリプロピレン（iPP）-ポリアクリル酸（PAA）トリブロック共重合体（iPP-PAA）およびマレイン酸変性PP（MAPP）を使用した。iPP-PAAは、PAAの分子量が2300および12900の2種類を使用した。

各試験方法で測定した界面せん断強度の結果を図5に示す。界面せん断強度の傾向は、マイクロドロップレット試験が最も高くなる傾向であった。これは、試験体作製時に樹脂玉を冷却して固化する際に樹脂が収縮することで繊維への締め付けが発生すること、および測定時に樹脂玉の変形は圧縮が発生し応力場が複雑になっていることが要因であると考えられる。

フラグメンテーション試験は、樹脂と繊維の線膨張係数の違いによる残留応力が発生すること、および埋め込まれた繊維の直進性が影響して界面せん断強度が低くなっていると考えられる。プルアウト試験は、マイクロドロップレット試験よりも繊維の埋め込み長が長く、樹脂のサイズも大きい。また、単純な引き抜きであり、測定時の応力場は比較的単純であるため、前述の2つよりも界面せん断強度が低く発現したと考えられる。

ICCでは現在、マイクロドロップレット試験、フラグメンテーション試験、プルアウト試験を用いて、繊維と樹脂の界面接着性の評価を進めている。評価方法ごとに界面せん断強度の数値は大きく異なるため、直接比較することは難しいが、評価方法ごとの関係性や傾向を把握することは重要である。今後も、様々な樹脂や繊維を用いてデータの取得および蓄積を進め、データベース化していきたいと考える。

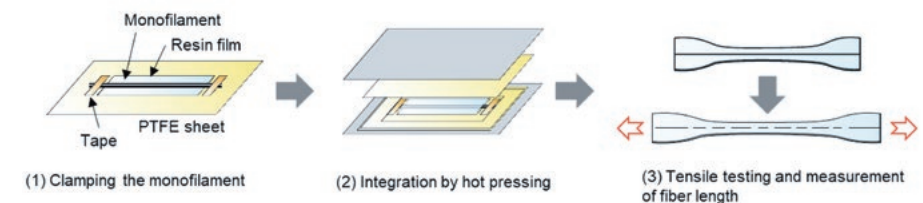


Figure 3 Schematic diagram of the fragmentation test.

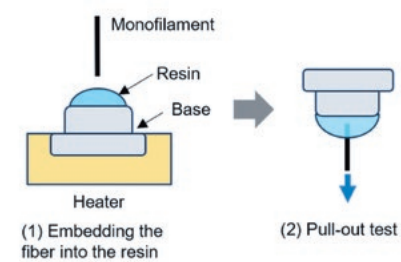


Figure 4 Schematic diagram of the Pull-out test.

melting, a cannula holding a CF monofilament is lowered to the surface of the molten resin. The CF filament is inserted into the resin to achieve the prescribed embedment length, and the specimen is formed by cooling (Figure 1, FIMABOND). The pull out test is conducted using the FAVIMAT+ (Figure 1). The specimen is inverted, and the pedestal is fixed to the upper chuck. While observing through a microscope, the CF filament is gripped by the lower chuck and pulled out, allowing measurement of the load and embedment length (Figure 4).

The matrix resin used in this study was polypropylene (PP), and two types of compatibilizers were employed: an isotactic polypropylene-polyacrylic acid triblock copolymer (iPP-PAA) and maleic anhydride-grafted polypropylene (MAPP). For iPP-PAA, two grades with PAA molecular weights of 2,300 and 12,900 were used.

The results of the IFSS measured by each test method are shown in Figure 5. Among the three test methods, the microdroplet test exhibited the highest IFSS values. This is likely due to the radial compressive stress generated when the resin droplet shrinks during cooling and solidification, as well as the complex stress field caused by the compressive deformation of the resin droplet during testing.

In the fragmentation test, the IFSS tended to be lower, which can be attributed to residual stresses arising from the mismatch in the coefficients of thermal expansion between the fiber and the resin, as well as the influence of fiber straightness within the matrix.

The pull-out test yielded lower IFSS values than the microdroplet test. This is considered to result from the longer embedded fiber length and larger resin volume, as well as the relatively simple stress field during the pull-out process compared with the other two methods.

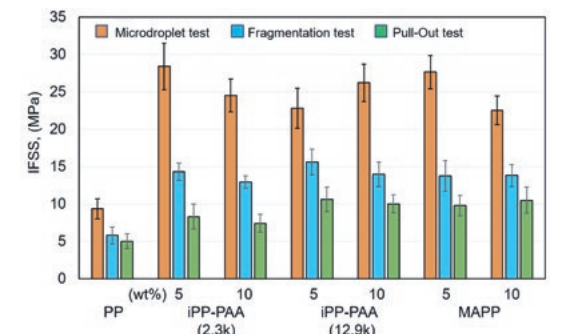


Figure 5 Results of interfacial shear strength using various methods.

植物繊維の引張試験

Tensile Testing of Plant Fibers

植物繊維を強化材として用いたFRPを設計するためには、繊維自体の力学特性を把握することが重要である。本研究では、その基礎的検討として、複数種の麻系植物繊維から採取した繊維状検体を対象に、引張特性を評価した。試験には、図1に示すFAVIMAT+(Textechno)を用いた。本装置は、同一検体の繊維測定と引張試験を連続して実行できる複合機で、その優れた利便性が特長である。本研究では、測定した繊維と繊維密度から相当断面積を算出し、引張強度および弾性率を求めた。

表1に、引張試験に供された麻系植物繊維の種類と試験条件、引張強度および弾性率の平均値と標準偏差を示す。いずれの繊維においても、引張強度は平均0.7 GPa台を示した。ただし、天然由来材料は繊維径、断面形状、内部構造および欠陥分布にばらつきを有するため、平均値だけでなく強度分布を評価することが重要である。

図2に、Ramie(苧麻)繊維の引張強度に関するワイブルプロットを示す。ここで、 σ は単繊維の引張強度、 $F(\sigma)$ は強度 σ 以下で破断する確率である。プロットはおおむね直線状に分布しており、Ramie繊維の引張破断挙動は、最弱リンクモデルに基づくワイブル分布により近似できることが示唆された。また、ワイブル係数 m は4.57であり、天然繊維としては比較的ばらつきの小さい強度分布を示した。さらに、この値は炭素繊維で報告されるワイブル係数と同じオーダーであり、Ramie繊維が強化繊維として一定の信頼性を有する可能性が示された。



Figure 1 Automatic single-fibre test system: FAVIMAT+



寺田 真利子
Mariko Terada

山中 淳彦
Atsuhiko Yamanaka

織田 志保
Shihō Oda

To design FRPs using plant fibers as reinforcement, it is essential to understand the mechanical properties of the fibers themselves. In this study, as a fundamental investigation, we evaluated the tensile properties of fibers extracted from several types of bast fibers. FAVIMAT+ (Textechno) shown in Figure 1 was used for testing. This instrument is highly convenient, as it is a combined system capable of sequentially performing linear density (kg/m) measurements and tensile tests on the same specimen. In this study, the equivalent cross-sectional area (m²) was calculated from the measured liner density and fiber density (kg/m³), and the tensile strength and elastic modulus were determined. Table 1 lists the types of bast fibers tested, the test condition, and the mean values and standard deviations for tensile strength and elastic modulus. For all fiber types, the average tensile strength was in the 0.7 GPa range. However, natural fiber characterized by variations in fiber diameter, cross-sectional shape, internal structure, and defect distribution, it is important to evaluate the strength distribution in addition to the mean value. Figure 2 shows a Weibull plot of the tensile strength of the ramie fiber. Here, σ represents the tensile strength of the single fiber, and $F(\sigma)$ represents the probability of failure at or below strength σ . The data points form a generally linear distribution, suggesting that the tensile failure behavior of the ramie fiber can be approximated by a Weibull distribution based on the weakest-link model. The shape parameter m was 4.57, indicating a strength distribution with relatively low variability for a natural fiber. Furthermore, this value is of the same order of magnitude as the parameter reported for carbon fibers, suggesting that ramie fiber possesses a certain level of reliability as reinforcing fibers.

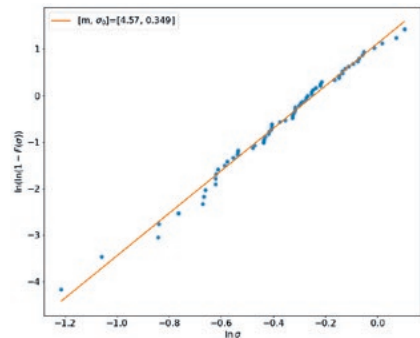


Figure 2 Weibull plot for the tensile strength of the ramie fiber

Table 1 The types of bast fibers tested, the test condition, and the mean values and standard deviations for tensile strength and elastic modulus.

Product name	Number of measurements	Gauge length (mm)	Br. stress (GPa)	Tensile modulus (GPa, initial)	Tensile modulus (GPa, 0.1-0.6%)
FLAX TAPE 110-90 (Flax tape)	60	15	0.762 (0.300)	59.4 (15.4)	45.0 (15.1)
6TK TOP 143 KZ44 (Ramie sliver)	65	25	0.722 (0.179)	44.2 (10.4)	29.7 (8.10)
Hemp TOP ZT (Hemp sliver)	65	25	0.728 (0.278)	45.9 (14.2)	34.6 (13.5)

複合材料の耐久性評価を支える疲労試験設備

Fatigue Testing Facilities Supporting Durability Evaluation of Composite Materials

金沢工業大学 ICC では、CFRP・GFRP をはじめとする複合材料に対し、小型試験片から大型構造部材まで、幅広いスケールで疲労・耐久評価を行える設備を整えています。「疲労寿命評価」「剛性低下」「層間剥離・き裂進展」「疲労後残存強度」「接着・締結構造の耐久性」など、多面的な評価に対応できる点が特徴です。

■INSTRON E3000 (±3 kN / ±25 Nm)

ねじり機構を備えた唯一のリニア・トーシヨン疲労試験機で、引張・圧縮にねじりを加えた複合負荷試験が可能です。異方性材料の挙動や接着部の耐久性を高精度に評価でき、-40～250℃の環境下で材料開発初期の比較評価に適しています。



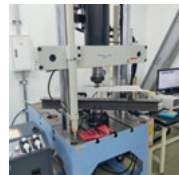
■INSTRON E20000 (20 kN)

中荷重域の軸力疲労評価に適したリニア型試験機です。CFRP パイプ、ブラケット、接着構造、異材接合部など、幅広い部材の耐久性評価に活用されています。



■島津製作所 油圧式疲労試験機 (±200 kN)

中荷重域の軸力疲労評価に適したリニア型試験機です。CFRP パイプ、ブラケット、接着構造、異材接合部など、幅広い部材の耐久性評価に活用されています。



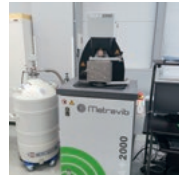
■INSTRON 8804 (500 kN)

大型 CFRP パネルや厚肉構造材など、実部品サイズの大型構造部材を対象とした油圧式疲労試験機です。大型治具を用いた曲げ・圧縮・破壊試験に対応し、設計限界の把握や量産前評価に有効です。



■Metravib DMA+2000 (2000 N)

動的粘弾性測定と疲労試験を兼ね備えた高荷重 DMA で、高周波疲労による剛性低下や $\tan \delta$ の変化を高精度に評価できます。-150～500℃の広い温度域に対応している点も特徴です。



これらの設備により、基礎物性評価から実機レベルの耐久・破壊評価まで一貫して実施でき、自動車・航空機・産業機械分野における高信頼性材料の開発を強力に支援します。



乾 伸晃
Nobuaki Inui

白井 武広
Takehiro Shirai

布谷 勝彦
Katsuhiko Nunotani

At the Innovative Composite Center (ICC) of Kanazawa Institute of Technology, a comprehensive range of fatigue testing systems is available for evaluating the durability of composite materials, including CFRP and GFRP. The facilities support testing across a wide range of specimen sizes, from small coupons to full-scale structural components. Comprehensive evaluations can be conducted on fatigue life, stiffness degradation, delamination and crack propagation, residual strength after fatigue, and the durability of bonded and mechanically fastened joints.

INSTRON E3000 (±3 kN / ±25 Nm)

The INSTRON E3000 is a unique linear-torsion fatigue testing machine capable of applying combined axial (tension/compression) and torsional loading. It enables highly accurate evaluation of the fatigue behavior of anisotropic composite materials and bonded joints. Equipped with an environmental chamber operating from -40°C to 250°C, it is particularly suitable for comparative evaluations during the early stages of material development.

INSTRON E20000 (20 kN)

The INSTRON E20000 is a linear servo-electric fatigue testing machine designed for medium-load axial fatigue testing. It is widely used to evaluate the durability of CFRP tubes, brackets, bonded structures, and multi-material joints.

Shimadzu Hydraulic Fatigue Testing Machine (±200 kN)

This hydraulic testing system is designed for high-load fatigue and static testing of thick CFRP laminates, bolted joints, sandwich panels, and other structural components. It is used to investigate crack propagation, interlaminar delamination, and residual strength after fatigue loading.

INSTRON 8804 (500 kN)

The INSTRON 8804 is a high-capacity hydraulic fatigue testing machine intended for large-scale structural components, including full-size CFRP panels and thick composite structures. It supports bending, compression, and failure testing using large fixtures, making it well suited for evaluating structural design limits and validating components prior to mass production.

Metravib DMA+2000 (2000 N)

The Metravib DMA+2000 combines dynamic mechanical analysis (DMA) with fatigue testing capabilities. It enables high-precision evaluation of stiffness degradation and changes in the loss factor ($\tan \delta$) under high-frequency fatigue loading. Its wide operating temperature range of -150°C to 500°C also makes it suitable for investigating the temperature-dependent viscoelastic behavior of composite materials.

These testing facilities enable seamless evaluation from fundamental material characterization to full-scale structural durability and failure assessment, providing strong support for the development of highly reliable composite materials for the automotive, aerospace, and industrial machinery industries.

金属製パイプのCFRP化に向けた成形方法の検討

Study on Molding Methods of CFRP pipes

金沢工業大学では地域で培われてきた高度な繊維・機械加工技術を活かした「環境適合型複合材料」川中産業創出プロジェクト(CCIM:Creative Composite Ishikawa Million)を推進している。これは内閣府「地方大学・地域産業創生交付金」の支援を受けて、石川県と金沢工業大学が、地域の産業界と一体となって石川を「環境適合型複合材料」の一大産業拠点とすることを目指すものである。

本取り組みでは金属製パイプのCFRP化にあたり、クローズド断面形状に適用可能な成形法を検討した。重量物を支える骨格構造の軽量化は自重や慣性力の低減により、構造部材に作用する負荷の低減、樹脂複合材化は振動減衰性の向上がそれぞれ期待される。

表1に剛性等価を要件として金属製パイプをCFRP化した際の仕様を示す。成形手法として炭素繊維組紐を用いたVacuum Assisted Resin Transfer Molding (VaRTM) 法とプリプレグシートを用いたAutoclave (AC) 法で検討した。組紐を用いたブレイディングではねじり剛性には優れる一方、曲げ剛性は相対的に低く、曲げ剛性も同等とするには外径および肉厚を大幅に増やす必要がある。これは試算した仕様の繊維方向が $\pm 45^\circ$ のみであり、軸方向繊維成分が不足していることに因る。一方、プリプレグでは繊維方向0°/90°を組み合わせる事で曲げ剛性を高め、外径および肉厚を低減、軽量化効果が期待できる。

今回の成形にあたり組紐は谷口製紐株式会社より購入し、パールボード製型でVaRTM成形を実施した。(図. 1) また、プリプレグシートは市販のものを使用し、上下型にハンドレイアップした後、型を閉じてAC成形を実施した。(図. 2) 各成形とも1本の成形に時間を要するため量産性に課題があるが、試作としては両成形法とも良好な成形品が得られた。(図. 3) 今後は適用部位、他の工法等を検討し、企業での実用化および製品採用につながる技術開発を進める。

Table1 Specification of material substitution					
	ベース(金属)	ブレイディングA	ブレイディングB	プリプレグ	最軽量
パイプ外径	φ21.7	φ50.6	φ42.8	φ32.0	φ36.0
板厚	t2.8	t2.8	t6.0	t5.2	t2.8
曲げ剛性	1.563e+09	1.567e+09	1.567e+09	1.565e+09	1.565e+09
ねじり剛性	1.202e+09	6.989e+09	6.992e+09	1.220e+09	1.202e+09
重量	470g	242g ▲49%	400g ▲15%	252g ▲46%	168g ▲64%



Figure2 Prepreg hand Lay-up



Figure3 L-shaped CFRP pipe



Figure1 VaRTM

Kanazawa Institute of Technology is promoting the Creative Composite Ishikawa Million (CCIM) project, which aims to establish a regional industrial platform for environmentally friendly composite materials, leveraging the advanced textile and machining technologies cultivated in the region. Supported by the Cabinet Office's "Regional University and Regional Industry Creation Grant," the project is being conducted in collaboration with Ishikawa Prefecture and local industries to establish Ishikawa as a major industrial hub for environmentally friendly composite materials.

In this study, molding methods applicable to closed-section structures were investigated for the CFRP (carbon fiber reinforced plastic) replacement of metal pipes. Reducing the weight of structural members that support heavy loads is expected to decrease the loads acting on the structure through reductions in self-weight and inertial force. In addition, the use of polymer composite materials is expected to improve vibration damping properties.

Table 1 shows the specifications when metal pipes are made from CFRP with the requirement of rigidity equivalence. Two molding methods were investigated: Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VaRTM) using braided carbon fibers preforms and Autoclave (AC) using prepreg sheets.

Braided structures exhibit high torsional stiffness; however, their bending stiffness is relatively low because the primary fiber orientation is $\pm 45^\circ$, resulting in insufficient axial reinforcement. Therefore, achieving equivalent bending stiffness requires significant increases in outer diameter and wall thickness. In contrast, prepreg laminates can improve bending stiffness by combining 0°/90° fiber orientations, enabling weight reduction while suppressing increases in outer diameter and wall thickness.

For the molding trials, braided carbon fiber materials purchased from Taniguchi Seichu Co., Ltd. were molded by the VaRTM process using a pearl-board mold (Figure 1). Commercial prepreg sheets were also used, and AC molding was carried out after hand lay-up on upper and lower molds followed by mold assembly (Figure 2). Although both molding methods currently have limitations in productivity because each pipe requires considerable molding time, acceptable prototype products were successfully fabricated by both processes (Figure 3). Going forward, we will pursue application areas, construction methods, and other technologies. We promote technological development that leads to practical application and product adoption by companies.



永井 健友
Taketomo Nagai



埜口 史郎
Shiro Noguchi



植村 公彦
Kimihiko Uemura



鵜澤 潔
Kiyoshi Uezawa

熱硬化性CFRPのVacuum Only Cure成形におけるボイド低減手法の検討

Investigation of Void Reduction Methods for Vacuum-Only Cure Processing of Thermosetting CFRP

熱硬化性CFRPの代表的な成形法であるオートクレーブ(AC)成形は、高温・高圧条件下で成形を行うことにより高品質な積層板が得られる一方、大型かつ高価な設備を要する。これに対し、Vacuum Only Cure (VOC) 成形は、真空バッグのみで硬化を行うため、設備コストや成形品サイズの自由度に優れる手法である。しかし、VOC成形では加圧力が大気圧に限られるため、AC成形と比較して積層板内部にボイドが残留しやすく、成形品質の確保が課題となる。

本検討では、VOC成形における内部ボイド低減を目的として、副資材構成の最適化を行った。

特にリリースフィルムに着目し、従来の無孔タイプに代えて、貫通孔を有する穴あきリリースフィルムを適用した。また、ブリーザ構成についても、積層板全面にわたり脱気経路を確保できるよう見直しを行った。

成形後の積層板を切断し、断面観察により内部ボイドを評価した結果、穴あきリリースフィルムを用いた場合(図1)には、無孔タイプ(図2)と比較して板厚内部のボイドが低減することを確認した。さらに、ブリーザ構成の工夫により脱気性が改善され、成形品質の安定化が図られた。以上より、VOC成形においても副資材の選定および構成を適切に最適化することで、AC成形に近い内部品質を得られる可能性が示された。今後は、開孔条件やブリーザ配置(図3)、成形条件と機械特性の関係を評価し、VOC成形の品質安定化指針の構築を進める。

この成果は、NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)の委託の結果得られたものである。

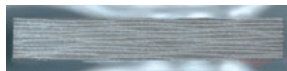


Figure1 Use of a Perforated Release Film



Figure2 Use of a Non-Perforated Release Film

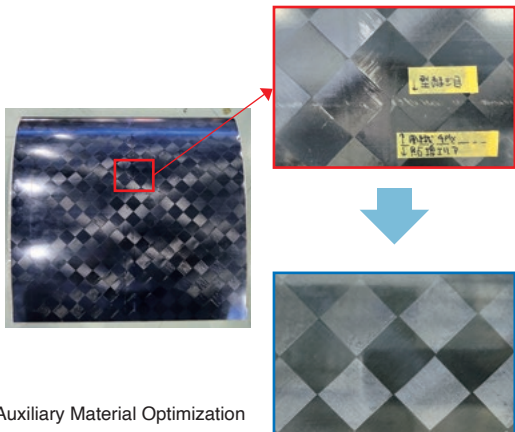


Figure3 Auxiliary Material Optimization



岡村 秀幸
Akieyuki Okamura



植村 公彦
Kimihiko Uemura



佐久間 忠
Tadashi Sakuma



乾 伸晃
Nobuaki Inui



埜口 史郎
Shiro Noguchi



長橋 明臣
Akioni Nagahashi

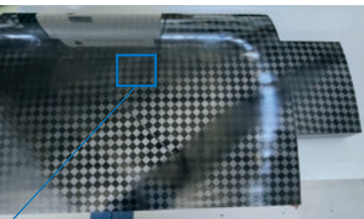


橋本 かおる
Kaoru Hashimoto

Autoclave (AC) molding is one of the most widely used manufacturing methods for thermosetting carbon fiber reinforced plastics (CFRP). By curing under high-temperature and high-pressure conditions, AC molding produces high-quality laminates. However, it requires large and expensive equipment. In contrast, Vacuum-Only Cure (VOC) processing cures laminates using only a vacuum bag, offering advantages in terms of lower equipment costs and greater flexibility in the size of molded parts. However, because the consolidation pressure in VOC processing is limited to atmospheric pressure, voids are more likely to remain within the laminate than in AC molding, making it challenging to achieve high-quality laminates.

In this study, auxiliary materials used in the VOC process were optimized to reduce internal voids. Particular attention was given to the release film. A perforated release film with through-holes was employed instead of the conventional non-perforated type. In addition, the breather configuration was redesigned to provide continuous evacuation paths over the entire laminate surface. After molding, the laminates were sectioned and their cross-sections were examined to evaluate internal voids. The results showed that the use of the perforated release film (Figure 1) reduced the number of voids within the laminate thickness compared with the non-perforated release film (Figure 2). Furthermore, the improved breather configuration enhanced air evacuation, resulting in more stable molding quality. These findings indicate that, even in VOC processing, appropriate selection and optimization of auxiliary materials can potentially achieve internal laminate quality comparable to that obtained by AC molding. Future work will investigate the effects of perforation conditions, breather layout (Figure 3), and molding parameters on the mechanical properties of the laminates, with the aim of establishing guidelines for stable, high-quality VOC processing. This article is based on results obtained from a project commissioned by the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO).

Resin-starved area in the spread-tow 4-ply laminate.



After changing the auxiliary materials

令和 7(2025) 年度の成果：Achievements in FY2025

論文(査読あり、著者)

- Osuke Ishida, Junichi Kitada, Katsuhiko Nunotani, Kiyoshi Uzawa, "Thermoplastic impregnation of recycled carbon fiber nonwoven fabric under velocity-controlled compress", Composites: Part A, Vol.198 (2025) 109144, 29 Jun 2025
- 山中 淳彦, 寺田 真利子, 山下 博, 伊藤 景子, 井沢 省吾, 坂田 秀行, 鶴澤 潔, "マレイン酸変性ポリプロピレン樹脂を用いた非連続炭素繊維強化複合材料の引張特性", Journal of Textile Engineering, Vol. 71, No. 5, pp. 88-94, 18 Oct 2025
- 西田裕文,"クリープしない材料の創製を目指したTg レスエポキシ樹脂をマトリックスとするコンポジット", ネットワークポリマー論文集Vol. 47 No. 2 (2026)

論文(査読あり、共著)

- Masato Somemiya, Yuji Nose, Shiho Oda, Hirofumi Nishida, Koichi Nakamura, Norio Hirayama, "Mechanical Properties of Carbon-Fiber-Reinforced Liquid Crystal Polymers", Advanced Composite Materials, 05 Jul 2025
- 染宮 聖人, 大野 洋輔, 坂田 憲泰, 西田 裕文, 塩路 雄大, 北川 貴士, 平山 紀夫, "現場重合型熱可塑性ウレタン樹脂をマトリックスとする一方向FRTP の作製と機械的特性評価", プラスチック成形加工学会誌 成形加工第37巻第11号, pp.472-479, (2026)
- Tasuku Ito, Akinori Yoshimura, Takehiro Shirai, "Compressive behavior and strength determination mechanism of spun yarn CFRP: an experimental and analytical investigation", Composites Part A: Applied Science and Manufacturing (2025)

講演

- 鶴澤潔, "JEC Innovation Award から見る開発動向と SAMPE Tour 報告(Coexpair/Sonaka の液相成形)", SAMPE JAPAN コンポジット委員会第80回研究会, 18 Apr 2025
- 鶴澤潔, " 2. どうやって作るのですか? いろいろな作り方(熱硬化, 熱可塑), 成形用中間材や副資材, 成形型など 5. FRPはこれからどうなりますか? 最近の技術開発や環境問題のトピックスなど", 2025年FRP入門講習会, 09 Jul 2025
- 鶴澤潔, "繊維強化複合材料の最新技術開発動向", 石川県次世代産業育成講座・新技術セミナー, 11 Jul 2025
- 鶴澤潔, "JEC WORLD 2025 のトレンドと欧米の複合材料市場及びリサイクル事情", 研究交流クラブ定例会 コンポジットー1DAY セミナー, 31 Jul 2025
- 鶴澤潔, "Beyond Academia, How ICC is Transforming Innovation into Commercial Impact", ICCM24, 07 Aug 2025
- 鶴澤潔, "2024年の複合材動向の振り返りと2025年の動向", 第3回次世代複合材リサーチ・センター講演会「複合材料の開発動向とわが国の現状」, 29 Aug 2025
- 鶴澤潔, "Advances in Composite Materials and Processing Technologies: Pathways Toward High Performance and Sustainable Structures", Polymer Additive, Composite and Manufacturing Asian (PACMA), 10 Sep 2025
- 鶴澤潔, "非FW/分割ブリフォームの接合一体化技術による高圧水素タンク", 2025年度第34回構造接着・精密接着研究会シンポジウム, 21 Oct 2025
- 鶴澤潔, "Low-Environmental-Impact, High-Rate Tank Production: A REDOX-Cured RTM Approach with Non-FW Preforms", Carbon Korea 2025, 19 Nov 2025
- 鶴澤潔, "KIT-ICC's activities and goals as a R&D innovation platform for composite materials", MRM2025(Materials Research Meeting), 10 Dec 2025
- 鶴澤潔, "炭素繊維のサーキュラーエコノミー実現にむけた川中産業", 第39回複合材料セミナー, 20 Feb 2026
- 鶴澤潔, "講演1「FRPの低環境負荷にむけた取り組み」", オートモーティブ・コンポジット研究会 第41回講演会, 27 Feb 2026
- 小田切信之, "産学連携で国力を強化する米国ー複合材料の視点からー", 高機能素材Week 大阪, 14 May 2025
- 小田切信之, "地域に培われてきた高度な繊維・機械加工技術を生かした「環境適合型複合材料」川中産業創出プロジェクト", 地方創生2.0 対話フォーラム, 27 Oct 2025
- 山中淳彦, "繊維強化複合材料の熱物性、その評価技術と複合材料開発への応用展開", 2025年度第1回NEDO特別講座, 01 Oct 2025
- 斉藤義弘, "JEC 展示会から見るコンポジットの開発動向", SAMPE JAPAN コンポジット委員会第80回研究会, 18 Apr 2025
- 斉藤義弘, "金沢工業大学ICCにおける天然繊維複合材料への取組", 第11回 日本麻フェスティバル, 02 Nov 2025
- 斉藤義弘, "複合材料のインフラへの活用の現状と金沢工業大学の取組紹介", 第 2 回 繊維強化複合材料(FRP)を用いた社会基盤構造物の強靱化研究会, 11 Nov 2025

令和 7(2025) 年度の成果：Achievements in FY2025

- Hirofumi Nishida, "Process Innovation in Hydrogen Tank Manufacturing via UV/REDOX-Polymerized Thermoplastic Towpregs and RTM Consolidation of Non-Filament-Wound Preforms", SAMPE technical sessions, Advanced manufacturing, 11 Mar 2026

学会発表(発表者)

- Kiyoshi Uzawa, Hirofumi Nishida, Katsuhiko Nunotani, Osuke Ishida, Hiroshi Yamashita, Toshio Ogasawara, Norio Hirayama, Kazuhiro Sakata, "PROTOTYPE VALIDATION OF ULTRA-HIGH-RATE TANK MANUFACTURING VIA REDOX-CURED RTM WITH NON-FW PREFORMS", JISSE-19, 02 Dec 2025
- Hirofumi Nishida, Nobuyuki Odagiri* and Kiyoshi Uzawa, "Process friendly and sustainable resin systems for an innovative composite production system for aerospace application", 2025 MRS (Materials research Society) Spring Meeting, Seattle Convention Center, Seattle WA, SF09.08, Processing Considerations for Materials in Extreme Environments—Non-Metals, 10 Apr 2025
- Nobuyuki Odagiri, Yoshihiro Saitou, Frank Manis, Kiyoshi Uzawa, "Issues Required at Each Step of the Value Chain for providing rCF for End-use", JISSE-19, 02 Dec 2025
- Katsuhiko NUNOTANI, Fumi ARIURA(Arkema), Kiyoshi UZAWA, "APPROACH TO REDUCING IN-MOLD PRESSURE IN WET COMPRESSION MOLDING WITH RECYCLED CARBON FIBER MATS", JISSE-19, 02 Dec 2025
- 布谷 勝彦, 有浦 芙美(アルケマ), 佐久間 忠, 乾 伸晃, 織田 志保, 鶴澤 潔, "リサイクル炭素繊維不織布を用いたWet Compression Moldingにおける低速圧縮による型内圧の抑制効果", JCCM-17, 03 Mar 2026
- 山中 淳彦, 寺田 真利子, 山下 博, 伊藤 景子, 井沢 省吾, 坂田 秀行, 鶴澤 潔, "マレイン酸変性ポリプロピレン樹脂を用いた非連続炭素繊維強化複合材料の引張特性", 日本繊維機械学会第78回年次大会, 05 Jun 2025
- Atsuhiko Yamanaka, Hirofumi Nishida, "Synthesis of methacrylic resin with glycol lignin as the main back bone", JISSE-19, 02 Dec 2025
- Hiroshi Yamashita*, Hirofumi Nishida*, Kosuke Kawakami**, Toshiya Saito**, Masahito Washiya**, Kiyoshi Uzawa*. * Innovative Composite Center, Kanazawa Institute of Technology, **Japan Aerospace Exploration Agency, "DEVELOPMENT OF RESINS FOR CFRTP VIA ELECTRON BEAM IRRADIATION", JISSE-19, 02 Dec 2025
- 山下博, 鶴澤潔, "種々の評価方法を用いた繊維-樹脂界面の接着性評価と その相関について", JCCM-17, 03 Mar 2026
- 寺田 真利子, 山中 淳彦, クラウス ギョーム, "信頼に足る繊維長分布を得るために必要なサンプル数の決定法", 第50回複合材料シンポジウム, 19 Sep 2025
- Mariko Terada, Atsuhiko Yamanaka and Guillaume Crassous, "A method for verifying the reliability of fiber length distribution in discontinuous fiber-reinforced composites", プラスチック成形加工学会第33回秋季大会, 12 Nov 2025
- 織田 志保, 山下 博, 西田 裕文, 鶴澤 潔, 鷲谷 正史, 齊藤 俊哉, 松本 理彰, 川上 幸亮, "ケイ素酸化物系樹脂をマトリックスとする高耐熱CFRP", JCCM-17, 05 Mar 2026
- Osuke Ishida, Takehiro Shirai, Kiyoshi Uzawa, Fumi Ariura, "COMPRESSION MOLDING STUDY OF RANDOMLY ORIENTED CHOPPED SHEET USING CF/PPA TAPE COMPRESSION MOLDING WITH RECYCLED CARBON FIBER MATS", JISSE-19, 04 Dec 2025
- Takehiro Shirai, Kiyoshi Uzawa, "EXPERIMENTAL STUDY ON ISOTROPIC FIBER ORIENTATION AND PLANAR COMPRESSIBLE FLOW CHARACTERISTICS OF CHOPPED TAPE (CTT) CFRP", JISSE-19, 02 Dec 2025
- 白井 武広 鶴澤 潔, "カッターブランドムCFRTPの繊維配向が 平面圧縮流動特性に及ぼす影響の評価", JCCM-17, 03 Mar 2026
- 田中 宏明, 鈴木 亨, 瀬戸 雅宏, 鶴澤 潔, 山部 昌, "金属樹脂直接接合における金属微細構造への繊維充填状態", 第50回複合材料シンポジウム, 18 Sep 2025
- Hiroaki Tanaka, Tohru Suzuki, Masahiro Seto, Kiyoshi Uzawa, Masashi Yamabe, "Joint State and Joint Strength in Injection-Molded Metal-Polymer Direct Joining", Sampe JISSE-19, 04 Dec 2025

特許

- 物質・材料研究機構, 小松マテーレ(株), “定着構造体”, JP 7686187 B2 2025.5.23
- 津田駒工業(株), 金沢工業大学, “繊維強化複合材料の連続成形装置”, EP 3960430 B1 2025.8.20
- 金沢工業大学, “セルロースファイバーを用いた積層複合材”, JP 7779531 B2 2025.11.25
- 金沢工業大学, 津田駒工業(株), “湾曲賦形装置”, EP 4538026 B1 2026.2.25

ICC メンバーシップ会員における産学連携活動の成果

Outcomes from Industry-Academia collaboration activities using ICC membership program

ICCでは、研究開発のプラットフォームとして、メンバーシップ制度、産学官連携、共同研究などに取り組んでいます。これらの連携活動を通じて得られた研究開発の事例や成果をご紹介します。

ICC functions as a platform for research and development, engaging in membership-based programs, industry-academia-government collaboration, and joint research activities. This report outlines case research activities obtained through these collaborative initiatives.

JAXA 宇宙戦略基金※「DX 技術を活用した低コスト熱可塑 CFRP 製大型タンクの設計・製造技術の高度化」への取組 丸八株式会社 Maruhachi Corporation

JAXA Space Strategy Fund*: Initiative to “Advance Design and Manufacturing Technologies for Large-Scale Low-Cost Thermoplastic CFRP Tanks Using DX Technologies”

丸八株式会社は、東京大学、金沢工業大学（ICC）との連携により、JAXA宇宙戦略基金の公募に採択され、約5年間でロケット用液体燃料大型熱可塑CFRPタンクの製造技術の確立を行うために、成形/組立技術の蓄積やマルチスケール・シミュレーションによる設計技術を用いたデジタルエンジニアリング・プラットフォームの構築、また、成形工程のインライン検査技術の構築を進め、将来ロケット事業に参入するプロジェクトをスタートさせた。更に、成果の横展開として、大型構造成形技術を用いた航空機分野での事業展開などを並行して推進する。

本プロジェクトでは3機関が共創して、以下の技術をTRL4に昇華させる。

- 熱可塑CFRPによる大型タンクの成形技術。
- 熱可塑CFRPによる大型タンクの融着・組立技術。
- 燃料漏洩に対するシミュレーション。
- 熱可塑CFRPタンクに対するインライン検査技術。



中島 正憲
Masanori Nakajima



菅原 寿秀
Toshihide Sugahara

MaruHachi Corporation, in collaboration with the University of Tokyo and Kanazawa Institute of Technology (ICC), has been selected for the JAXA Space Strategy Fund. Over the next five years, we will develop manufacturing technologies for large-scale thermoplastic CFRP tanks for rocket propellant by establishing a digital engineering platform that integrates design, manufacturing, and assembly, and developing in-line inspection technologies. Through this project, we aim to enter the rocket business while also expanding applications to the aircraft sector using large-scale structural manufacturing technologies. The three organizations will collaborate to advance these technologies to TRL 4 (Figure 1).



※This project is being carried out as a contract project of the JPJXSSF24MT05A01 Space Strategy Fund.

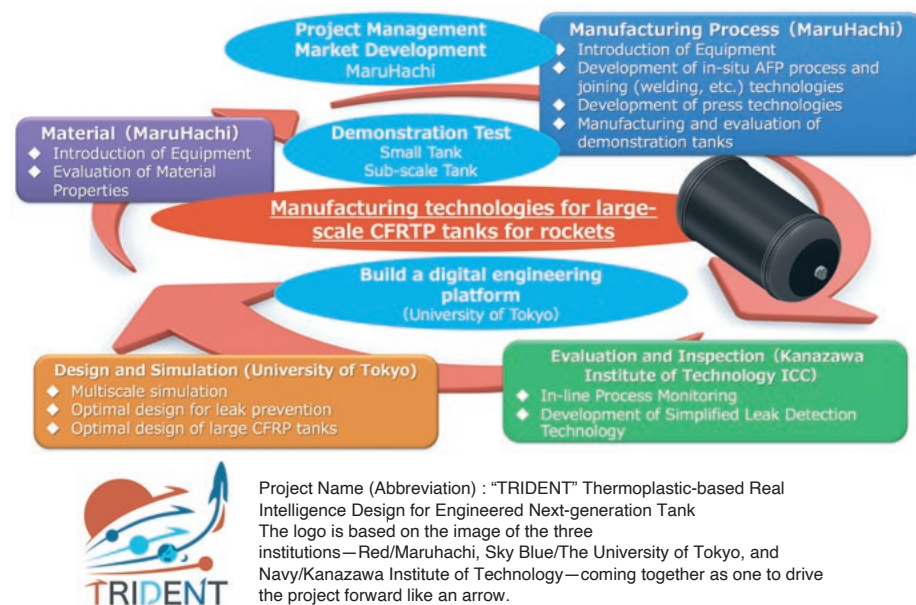


Figure 1 Development-oriented collaboration

海洋仕様の CFRP ブレード接着接合構造に関する基盤技術の開発 ナカシマプロペラ株式会社 Nakashima Propeller Co., Ltd.

Development of Core Technologies for Adhesively Bonded CFRP Blade Joints for Marine Applications



櫻井 貴哉
Takaya Sakurai

ナカシマプロペラ株式会社は、2007年より商船、漁船向けのCFRPプロペラの開発を開始し、2020年に現在の構造について日本海事協会、国交省海事局の承認を得て、20隻以上の船に搭載していただいている。

CFRPプロペラはプロペラ軸に固定するボス部が銅合金製、羽根部分がCFRP製となっており、ボスと羽根は、ボスに設けたアリ溝に押し込み嵌合させ、摩擦締結により固定される。初期搭載から5年以上経過しており信頼性のある組立構造となっているものの、寸法精度や押込み量などの管理が非常に複雑である。この課題を解消するため、CFRP羽根部分に金属製芯金を内蔵し、この芯金とボスを締結する構造を検討している。構造としては古典的なボルト締結で非常にシンプルになるが、CFRPと金属の接合については接着構造となる。船舶用プロペラのように、海水中で長期繰返し荷重にさらされるものへの接着接合構造の実施例はなく、論文や公開データも乏しいことから、防衛装備庁安全保障技術研究推進制度（防衛省ファンディング）の令和3年度公募に応募し採択され、5カ年での研究開発を行った。当社が代表研究機関となり、金沢工業大学、物質・材料研究機構、海上・港湾・航空技術研究所に共同研究機関として参加していただき実施した。各機関での研究により明らかとなったのは、第一の課題は金属側の接着界面での塩水腐食による接着強度低下であり、塩水浸漬状態での接着強度や腐食メカニズムの評価方法、腐食の抑制に有効な表面処理、塩水浸漬状態で10⁹回数を超える繰返し疲労に耐えられる芯金形状が見いだされた。

現在は、この研究成果をもとに実機適用のための製造プロセス、検査方法について検討を行っている。

本成果は安全保障技術研究推進制度JPJ004596の支援を受けたものである。



Controllable-pitch propeller featuring a metal core-bonded structure (CFRP blade prototype)

Nakashima Propeller Co., Ltd. began developing CFRP propellers for merchant and fishing vessels in 2007. In 2020, the current propeller design received approval from the Nippon Kaiji Kyokai (ClassNK) and the Maritime Bureau of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT). Since then, the propellers have been installed on more than 20 vessels.

The CFRP propeller consists of a copper-alloy hub for attachment to the propeller shaft and CFRP blades. In the current design, each blade is press-fitted into a dovetail groove machined in the hub and secured by frictional clamping. Although this assembly method has demonstrated high reliability through more than five years of successful service, it requires highly sophisticated control of dimensional accuracy and press-fit interference during manufacturing.

To address these challenges, a new joint concept has been investigated in which a metallic insert is embedded within each CFRP blade and mechanically fastened to the hub. While the resulting bolted joint provides a much simpler structural configuration, the metallic insert must be adhesively bonded to the CFRP blade.

Adhesively bonded joints for marine propellers are subjected to long-term cyclic loading in seawater. However, practical applications of such joints are extremely limited, and only a small amount of published research and publicly available data exists. To establish the fundamental technologies required for this application, Nakashima Propeller Co., Ltd. successfully obtained funding through the FY2021 Security Technology Research Promotion Program of the Acquisition, Technology & Logistics Agency (ATLA), Ministry of Defense, Japan. A five-year collaborative research project was subsequently carried out with Nakashima Propeller serving as the lead institution, together with Kanazawa Institute of Technology, the National Institute for Materials Science (NIMS), and the National Maritime Research Institute (NMRI) as research partners.

The collaborative research revealed that the primary challenge is the deterioration of bond strength caused by saltwater-induced corrosion at the metal/adhesive interface. The project established evaluation methods for bond strength and corrosion mechanisms under seawater immersion, identified effective surface treatments for corrosion suppression, and developed a metallic insert geometry capable of withstanding more than 10⁹ fatigue cycles under seawater immersion.

Based on these achievements, the project is currently focused on developing manufacturing processes and inspection methods for practical implementation in commercial marine propellers.

This work was supported by the Security Technology Research Promotion Program (Grant No. JPJ004596).

繊維・加工・リサイクルのソリューションを提供する
フラウンホーファー イノベーション プラットフォーム FIP-MIRAI@ICC
Fraunhofer Institute for Casting, Composite and Processing Technology IGCV

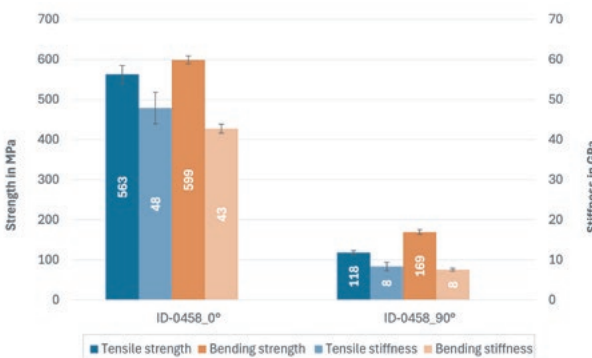
Fraunhofer Innovation Platform for Fibers, Processing and Recycling
Solutions at Innovative Composite Center FIP-MIRA@ICC

フラウンホーファーIGCV研究所(IGCV)と金沢工大 革新複合材料研究開発センター(ICC)は、2025年2月、共同で「フラウンホーファー・イノベーション・プラットフォーム：繊維・加工・リサイクル・ソリューション(FIP-MIRAI@ICC)」を立ち上げました。このプラットフォームは、リサイクル炭素繊維(rCF)の利用を含む持続可能な複合材料の開発と産業化に特に焦点を当て、先端複合材料技術における日独の連携を強化するものです。日本、欧州、およびその他の地域の産業界にとって、次世代の持続可能な材料を開発、検証、事業化するためのワンストップ窓口としての役割を果たします。

IGCVは、繊維分離、材料調製、およびテキスタイル生産に重点を置いており、特に高性能なrCFベースのテキスタイルを製造するための湿式不織布プロセスに注力しています。一方、ICCは、コンピュータ断層撮影(CT)、パーミアビリティ測定、その他の診断手法を含む、高度な試験および特性評価に強みを持っています。また、ICCはプレス成形やダブルベルトプレスなどにおけるrCFテキスタイルの加工挙動を調査し、産業規模での応用への適性を評価しています。

2025年半ばより、ICCとIGCVは、IGCVが新たに開発したSMVおよびSLICE材料の活用にも取り組んでいます。これらの材料は不連続炭素繊維をベースとし機械的性能と加工品質を向上させるため、メソ構造、繊維配向、含浸性が最適化されています。その結果、SMVタイプの材料では40%を超える繊維体積含有率を達成し、SLICEタイプの不織布では最大6:1の配向比が実現可能です。IGCVは、これらの材料システムをより幅広い原料に対応させ、性能のポテンシャルをさらに高めるため今後も改良を続けていきます。

我々は、今後数年間の材料科学分野における欧州と日本との間のプロジェクト機会増加を背景に、これらの材料をベースとした産業用途の探索と検証に注力していきます。両機関の共同研究が新たな用途を開拓し、リサイクル炭素繊維の大規模製造への持続可能な統合を加速させ、より資源効率が高く循環型の複合材料産業の実現に貢献することを目指しています。



Tensile strength of orientated discontinuous
SLICE™ Material



フランク・マニス クlaus・ドレクスラー マイケル・ザウアー
Frank Manis Klaus Drechsler Michael Sauer

In February 2025, the Fraunhofer Institute for Casting, Composite and Processing Technology IGCV and the Innovative Composite Center (ICC) in Kanazawa jointly started the Fraunhofer Innovation Platform for Fibers, Processing and Recycling Solutions at Innovative Composite Center Kanazawa FIP-MIRAI@ICC. This platform strengthens German Japanese collaboration in advanced composite technologies, with a particular focus on the development and industrialization of sustainable composite materials, including the use of recycled carbon fibers (rCF). It serves as a one stop gateway for industries in Japan, Europe, and beyond to develop, validate, and commercialize next generation sustainable materials.

The Fraunhofer IGCV focuses on fiber separation, material preparation, and textile production, with a strong emphasis on wet laid nonwoven processes for manufacturing high performance rCF based textiles. In parallel, the ICC specializes in advanced testing and characterization, including computed tomography, permeability measurements, and other diagnostic methods. ICC also investigates the processing behavior of rCF textiles—such as in press molding and double belt pressing—to assess their suitability for industrial scale applications.

Since mid 2025, ICC has additionally been working with the newly developed SMV™ and SLICE™ materials from Fraunhofer IGCV. These materials, based on discontinuous carbon fibers, have been specifically optimized in their mesostructure, fiber orientation, and impregnability to enhance mechanical performance and processing quality. As a result, fiber volume contents above 40% can be achieved with SMV™ type materials, while orientation ratios of 6:1 or higher are possible with SLICE™ type nonwovens. Both material systems will continue to be refined by Fraunhofer IGCV to accommodate a broader range of feedstock materials and to further increase their performance potential.

In the coming years, both research institutions will intensify their efforts, supported by growing funding opportunities between Europe and Japan in the field of material science, to explore and validate industrial applications based on these materials. Their joint work aims to unlock new use cases and accelerate the sustainable integration of recycled carbon fibers into large scale manufacturing, contributing to a more resource efficient and circular composites industry.



Deepdrawing of Fraunhofer IGCV SMV™
material for thin SMC-part substitution

金沢工大・産総研 先端複合材料ブリッジ・イノベーション・
ラボラトリ (BIL) を通じた企業連携の促進・拡大に向けて
国立研究開発法人産業技術総合研究所
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology [AIST]

Promoting and Expanding Industry Collaboration through KIT & AIST
Advanced Composite Materials Bridge Innovation Laboratory (BIL)

BILは、企業ニーズを核として、ICCと産総研が持つ研究シーズを用いた共同研究を実施する連携拠点である。研究テーマとして、木材や天然由来成分の素材を用いた「資源循環型複合材料の開発」や、木材などのCO2ネガティブエミッション素材と高性能なCFRPなどを組み合わせて「低環境負荷型で競争力のある複合材料の開発」を推進し、北陸地域の各種事業者とサーキュラーエコノミー(CE)の実現に向けた“新しい複合材料”の開発を通じて新産業創出、地域経済の活性化、社会課題の解決を目指している。

2023年のBIL設置から3年が経過した現在、石川県の補助金を獲得して企業側の研究開発費を獲得することで、企業およびBILを含む連携体を形成した複数件の共同研究プロジェクトがスタートしている。また、BILの枠組みを利用して産総研で実施している企業共同研究の成果の試作や量産化検討(石川県内企業との連携)も始まっている。ここでは、県内企業との連携の主な枠組みについて紹介する。

【令和7年度石川県成長戦略ファンド(国プロジェクトステップアップ事業)】(図1)

『山中漆器産業における資源循環素材の実用化によるサーキュラーエコノミーの実現』

BILにおいて資源循環素材の開発を行っている。この要素技術を用いたサーキュラーエコノミーの実証を山中漆器産業において検証し、問題点と課題を抽出する。山中漆器産業で排出される廃木材を始めとした低品位素材に対して、複合材料用素材に変換する要素技術を施して、再び漆器用木地や基材へとアップグレードリサイクルするための仕組み(県内サプライチェーン構築、製品試作)作りを行う(具体的な研究は28ページ参照)。

【令和7年度石川県成長戦略ファンド(研究開発支援事業GX)】(図2)

『能登産珪藻土・木材の複合化による調湿性能に優れた難燃化部材の開発』

これまで廃棄されていた低品位の能登珪藻土を木材の中に入れ込み(微細レベルの複合化)、湿度の調整機能(調湿性)と燃えにくさ(難燃性)を両立する新製品を開発することにより、地域資源の利用促進ならびにグリーントランスフォーメーション(GX)への貢献を目指す。



Figure 1 Yamanaka Lacquerware Industry PJ



三木 恒久 関 雅子 暮井 達己 堀山 彰亮
Tsunehisa Miki Masako Maki Tatsuki Kurei Hiroaki Aoiaki

Three years have passed since BIL's installation in 2023. By securing subsidies from Ishikawa Prefecture and R&D funding from corporate partners, some joint research projects involving collaborative consortia—comprising the companies and BIL—have launched. Furthermore, leveraging the BIL framework and building upon the results of joint research between AIST and companies—including collaborations with firms both within and outside Ishikawa Prefecture—efforts are underway toward prototyping and evaluation toward mass production. This report outlines the framework for collaboration with local companies.

[FY2025 Ishikawa Prefecture Growth Strategy Fund (National Project Step-Up Program)]

"Realizing a Circular Economy through the Practical Application of Resource-Circulating Materials in the Yamanaka Lacquerware Industry"

Resource-circulating materials are being developed at the KIT-AIST BIL. The project aims to demonstrate a circular economy model within the Yamanaka lacquerware industry using these elemental technologies and to identify associated issues and challenges. It involves establishing a system—including a local supply chain and product prototyping—to "upgrade-recycle" low-grade materials (such as waste wood generated by the Yamanaka lacquerware industry) into lacquerware wood bases and substrates by applying elemental technologies that convert them into composite material feedstocks (see page 28).

[FY2025 Ishikawa Prefecture Growth Strategy Fund (R&D Support Project: GX)]

"Development of Flame-Retardant Components with Superior Humidity-Regulating Properties through the Compositing of Noto Diatomaceous Earth and Wood"

This project aims to promote the utilization of regional resources and contribute to GX (Green Transformation) by developing a new product that combines humidity-regulating capabilities and flame retardancy. This is achieved by incorporating low-grade Noto diatomaceous earth—previously treated as waste—into wood (creating a composite at the microscopic level).



Figure 2 Noto Regional Resource Utilization PJ

経済安全保障重要技術プログラム / 長距離物資輸送用無人航空機技術の開発・実証
/ ハイブリッド VTOL 機の技術開発と実証」

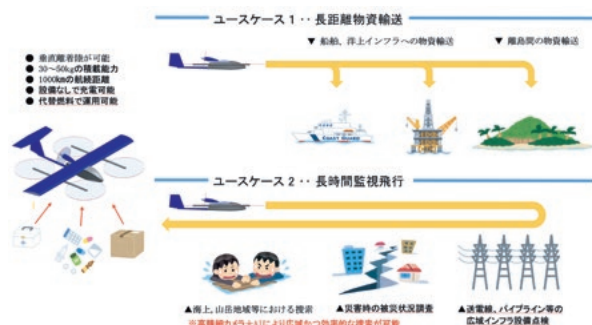
株式会社コントレイルズ Contrails Co., LTD.

K Program: Development and Demonstration of Long-Range Unmanned Cargo Aircraft Technology
– Development and Demonstration of a Hybrid VTOL Aircraft

本事業では、現在の無人航空機技術では実現が困難な、30～50kg 程度の物資を、最大1,000km程度輸送可能な無人航空機を開発する。また、できる限り多くのニーズに対応するため、上記の要素技術を統合した試験機は、垂直離着陸機 (VTOL: Vertical Take-Off and Landing) とする。

現在のドローン用電池技術では、垂直離着陸して1000km飛行できる無人航空機の実現には、内燃機関も用いたハイブリッドシステムが必要である。航空分野全体で2050年までのカーボンニュートラル対応が求められる中、ガソリンだけでなく、持続可能な航空燃料「SAF」(Sustainable Aviation Fuel)という。等の代替燃料を活用することも目標とする。

機体の想定用途は以下の2通り (Figure 1) である。



開発においては株式会社NTT e-Drone technology、株式会社ザクティ、株式会社ジェイテクト、ヤマハ発動機株式会社、金沢工業大学、静岡理科大学 (2025年まで参加)、株式会社コントレイルズの7団体がコンソーシアムメンバーとして活動を行っている。各機関が機体構想及び機体設計、センシング技術開発、代替燃料で運用可能なハイブリッド動カシステムの開発、高出力モータ/ローターの開発、軽量構造技術の開発の5項目の研究課題をそれぞれ担当している。

その中で金沢工業大学/ICCでは機体設計に大きく影響する軽量構造技術分野において参画いただいている。

2025年度の成果としてはCFRP薄目付プリプレグ材を複数選択し、構造設計に要する材料特性を取得した (Figure 2)。1/1サイズの中央翼を製作し飛行状態を模擬した荷重条件で強度試験を行った (Figure 3)。その成果は実機設計のための重要なデータを取得することができた。

この成果は、NEDO (国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構) の委託業務の結果得られたものである。

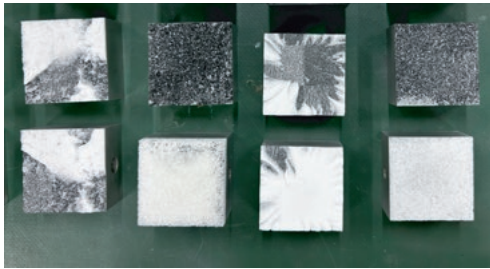


Figure2 Flatwise mechanical tests of various sandwich core materials.

This project aims to develop an unmanned aircraft capable of transporting 30–50 kg of cargo over distances of up to approximately 1,000 km, a capability that is difficult to achieve using current unmanned aerial vehicle (UAV) technologies. To accommodate the widest possible range of operational requirements, the technology demonstrator integrates the developed core technologies into a Vertical Take-Off and Landing (VTOL) aircraft.

With the current state of battery technology, a UAV capable of vertical take-off and landing followed by a flight range of approximately 1,000 km requires a hybrid propulsion system combining an internal combustion engine with electric propulsion. In addition, as the aviation industry strives toward carbon neutrality by 2050, the project also aims to develop a propulsion system compatible not only with gasoline but also with alternative fuels such as Sustainable Aviation Fuel (SAF). The aircraft is intended for two primary operational scenarios, as illustrated in Figure 1.

The project is being conducted by a consortium consisting of NTT e-Drone Technology Corporation, Xacti Corporation, JTEKT Corporation, Yamaha Motor Co., Ltd., Kanazawa Institute of Technology, Shizuoka Institute of Science and Technology (participating through FY2025), and Contrails Co., Ltd. Each organization is responsible for one or more of the following research areas:

- Aircraft concept and design
 - Sensing technology
 - Development of a hybrid propulsion system compatible with alternative fuels
 - Development of high-power motors and rotors
 - Development of lightweight structural technologies
- Within the consortium, the Innovation Composite Center (ICC) of Kanazawa Institute of Technology is responsible for the development of lightweight structural technologies, which have a significant impact on the overall aircraft design.

As one of the major achievements in FY2025, several ultra-lightweight CFRP prepreg materials were selected and their mechanical properties were characterized to provide the material data required for structural design (Figure 2). In addition, a full-scale (1:1) center wing section was manufactured, and structural load tests were conducted under loading conditions simulating those experienced during flight (Figure 3). These experiments provided critical data for the structural design and validation of the full-scale aircraft.

This article is based on results obtained from a project commissioned by the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO).



Figure3 Structural load test of the aircraft center wing section.



鈴木 正人
Masato Suzuki



加藤 敦
Atsushi Kato

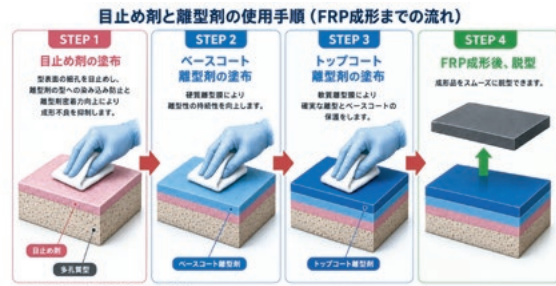
平滑で光沢感のある成形品表面を可能にするFRP離型システムの研究

中京化成工業株式会社 Chukyo Kasei Kogyo Co., LTD.

Research on an FRP Release System for Achieving Smooth, High-Gloss Molded Surfaces

FRP成形において浴槽等の量産品は金型成形で行う事が多い。しかし少量多品種品、試作品などは石膏型や樹脂型を用いての成形が主流となっている。

当社では平滑で光沢感のある成形品表面を可能にする離型システムの研究に取り組んでおりICCとの共同研究では大型CFRP成形において良好な実績を得る事が出来た。



STEP1: 石膏・ケミカルウッド・カーボン・FRPを型として用いて用いる場合には目止め処理が重要で確実に行わなと後工程に影響する。不十分である場合離型剤がしみ込み表面性や脱型不良の原因となる。共同で目止め剤「FRPシーラーPro」を開発 塗布方法や治具を研究し2回の施工で目止めが確実に行われ表面平滑化が可能となった。

STEP2: 目止め剤にはカップリング性能を付与しておりベースコート離型剤と目止め剤の間で反応し強固な被膜を形成する。共同研究ではキュアコートQP2500原液を用い型表面の光沢感を出すことに成功した。

STEP3: トップコートはベースコートの保護及び離型補助として使用される。今回の研究では用いなかったが、キュアコートEP6200原液は不飽和ポリエステル樹脂成形でスチレン汚れ防止、ゲル弾き防止、リフティング防止に実績がある。

STEP4: 今回の研究では容易に脱型し成形品表面もきれいに仕上がった。

ICCメンバーシップ制度は、会員企業、大学、公的研究機関が連携し、新たな技術や事業を創出するオープンイノベーションの場として発展しています。今年度も、本誌で紹介したように、多くの共同研究やプロジェクトから成果が生まれました。今後も、メンバーの皆さまとの共創を通じて、複合材料の適用拡大と新たな産業創出につながる活動を推進してまいります。

The ICC Membership Program serves as a hub for open innovation, connecting companies, universities, and public research organizations. As highlighted in this report, many successful outcomes have emerged from collaborative research and joint projects this year. ICC will continue to foster co-creation, expand composite applications, and create new industrial opportunities

(鵜澤 潔/Kiyoshi Uzawa)