



## I 革新複合材料研究開発センター及び COI STREAM 事業の概要

### Overview of the Innovative Composite Materials Research and Development Center and the COI STREAM Program

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」(以下「ICC」という。)は、他大学等の研究機関及び異業種・異分野の企業等が広域・異分野融合することにより研究開発体制を構築し、日本のみならず世界が抱える課題解決を図る「国際イノベーション拠点」として設立され5年目を迎えた。「アンダーワンルーフ」のもと、他大学または企業の研究者が年間約3,000名来所し、海外からの研究員やインターンシップを受入れた。

COI STREAM事業において、平成30(2018)年度はトータル9年間の6年目になり3年区切りのフェーズ2における最終年となった。JSTより第二回中間評価において「A+」の総合評価を得た。特に、企業と共に技術を高める仕組みや実施する場所が整い、産産連携の取組までもでき始めていることから「自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について」高い評価を得た。その一方で若手を中心とする多様な人材の活躍促進において、特に女性研究者の参画や活躍の環境づくりに課題がある。次のフェーズ3の3年間で、要求仕様を明確にし、技術的な根拠を持って社会実装実現までの道筋を明らかにする。ICCの自立化を目指し、公的資金の獲得や企業との共同研究による資金提供によりCOI プログラム実施期間終了後、ポストCOIにつなげていくことが依然課題である。

研究成果の発表や社会実装につながるアウトリーチ活動が国内外で活発に進められた。COI中間成果報告会においては、本学拠点の取組に関する報告・議論や成果の発表と多くのサンプルや試作品を手にとって間近で見ることができる展示をした。またドイツの炭素繊維クラスターとの共同研究に向けて準備が始まり、日本よりCFRPの適用スピードが早い欧州において、日本企業の開発・商品化スピードをあげ社会実装の加速が期待できる取組がスタートした。

平成28年度補正予算において「地域科学技術実証拠点整備事業」の採択を受け、革新複合材料の事業化へ向けた研究開発の加速を目標として、現在のICCに隣接した実証開発拠点が開所した。

Kanazawa Institute of Technology (KIT) has set up the “Innovative Composite Materials Research and Development Center,” hereinafter referred to as the ICC. At present, ICC has entered its fifth year as an international innovation hub to solve the social infrastructure issues facing not only Japan but also the world. At ICC, R&D system is built by integrating research institutes of other universities and companies of different industries and fields. Through close collaboration, characterized by the “under one roof” theme, about 3,000 researchers from other companies and universities across the world have visited the ICC in the last fiscal year and accepted one graduate student as an internship. In the COI STREAM Program, fiscal 2018 was the sixth year of a total of nine years. It was also the final year in Phase 2 of the program’s three-year division. The program received a comprehensive “A+” rating in the second interim evaluation from the Japan Science and Technology Agency (JST). In particular, the program has succeeded in realizing the establishment of a system for achieving technological improvement in collaboration with other companies and initiating efforts for industry-industry-academia collaboration. The program is highly regarded for the “establishment of an independent innovation platform.” However, despite promoting activities of diverse human resources focusing on young people, there are still issues regarding the creation of an environment for promoting the participation of female researchers. In the next three years of Phase 3, the COI STREAM will have to define the required specifications and the path ahead for the realization of social implementation with a technical basis. Even after the implementation period of the program, it is still a challenge to connect with public funds and joint research funds with companies for ICC independence. The outreach activities including to the presentation of the results of research and social implementation initiatives were actively promoted at home and abroad in FY2018. At the “KIT-COI Symposium ” the activities and results of our center were presented, and many samples and prototypes were exhibited. In preparation for joint research with German carbon fiber clusters in Europe, where CFRP application is faster than in Japan, efforts have been launched to accelerate not only development and commercialization of Japanese companies but also social implementation. In response to the adoption of the “Regional science and technical demonstration center development project ” in the supplementary budget of fiscal year 2016, a demonstration hub in an area adjacent to the ICC was opened with the aim of accelerating R&D for the commercialization of innovative composite materials.

## II 平成30(2018)年度の運営活動 Operating Activities in Fiscal Year 2018

### 1 ICC 運営に関する規程の改正

ICCの運営に関する規程は、平成27(2015)年度に必要なものが制定されている。平成30年7月「地域科学技術実証拠点整備事業」によりICCの中に「実証開発拠点」が開所した。それにより「学校法人金沢工業大学革新複合材料研究開発センター規程」に「実証開発拠点」の設置目的を追加した。「革新複合材料研究開発センター利用規程」に、施設・設備を利用する場合に課金することができることを追加した。

→ p36 資料 01

### 2 共同研究員の受入れ

学校法人金沢工業大学受入研究員規程に基づき、ICCが企業等に在籍する研究者等を受け入れ、ICC所属の研究員と受け入れた共同研究員が協力して研究開発を行っている。受け入れは、法人の人事委員会が履歴書や研究歴により審査し決定している。今年度は、合計47機関61人となっている。

### 3 ICC 利用初期講習の実施・安全活動

上記2により受け入れた共同研究員には、ICC内における研究活動を行う際に遵守すべき利用条件として「ICC利用初期講習」を実施している。初期講習は、①安全②知財等③秘密保持及び成果発表④不正防止⑤ICCの利用手続きの内容となっている。

ICCでは、全学の安全委員会が決定したことを遵守して研究活動を行うことを徹底し、特に4S活動、安全監査の受験、ヒヤリハット報告などについて徹底している。今年度から大学における安全組織体制が変わり産学連携局の管轄から他の学部と横並びになり、ICC学部等安全委員会ができその中に実務に携わる安全推進委員会ができた。

→ p36 資料 02

### 4 予算執行

ICCの予算執行は、物品の購入、事業の遂行、研究者等の出張など多岐に亘っているが、実際の予算執行は研究支援部を中心に行われている。なお、COI STREAM事業にかかるタイムリーで予算の一元管理ができる「予算執行管理システム」を活用し、昨年度の改善によりシステムのWEB化をはかり、処理スピードのアップと学外からの対応ができています。

### 5 特許等

参画企業・機関から発明等の届出があった場合は、COI研究推進機構運営委員会のもとに置かれている知的財産取扱

### 1 Amendments to ICC management regulation

The regulations for the operations of ICC were framed for the fiscal year 2015. In July 2018, the Innovative Demonstration Development Center was opened at ICC by Regional science and technical demonstration center development project. Therefore, the purpose of setting up this hab was added to the ICC regulations. In addition, the charge for the use of facilities and equipment was added as a revision of the ICC usage regulations.

### 2 Acceptance of researchers

ICC accepts researchers who are enrolled in various companies. In FY 2018, 61 researchers from 47 organizations were accepted.

### 3 Implementation of ICC users’ initial training and safety activities

ICC utilization initial training is provided for those who had accepted as collaborative researchers. This training is conducted as researchers need to learn usage conditions and procedures that are to be observed while conducting research activities at ICC. The important contents of the training module included (i) safety, (ii) intellectual property, (iii) confidentiality and results announcements, (iv) fraud prevention, and (v) ICC usage procedures.

### 4 Budget execution

By utilizing the “Budget Execution Management System” , which can centrally manage budget in a timely manner for business activities related to COI STREAM, and due to the improvements made in the system last year, it has been connected to the Internet. This has enabled improvement in processing speed and responsiveness from outside the university.

### 5 Patents

Although the number of patent applications received this year decreased slightly compared to the number last fiscal year, many research results were received; and one was also registered as a patent. Moreover, the number of the patents related to manufacturing equipment and technology saw a rise compared to last year.



専門委員会(知財委員会)が開催され、共同研究契約に基づきその取扱いが協議されている。特許申請の件数が昨年度から僅か減少したものの、研究成果が多く見られるようになり、1件が登録になった。昨年度と比べ、製造装置、製造技術関係の特許が多い。

## 6 広報・アウトリーチ活動

ICCが取り組む炭素繊維複合材料の研究開発について、国内外に積極的な外部発信活動(アウトリーチ)並びに情報収集活動を行っている。今年度の活動は特に活発であり、COI事業における成果の発表として8月にJSTフェア、10月に「中間成果報告会」を東京・日本科学未来館で開催した。12月に名古屋大学において、今年度のコンポジットハイウェイコンベンションをICCが幹事として開催し約250人が参加した。平成31年3月にフランスのJEC World 2019でCFK valley共同ブースにて成果品の展示を行った。

COIがSDGs(Sustainable Development Goals 持続可能な開発目標)に貢献している取組の紹介ビデオをJSTの予算にて作製し、JSTより国連の会議等、海外に向けても情報発信された。またICC・COIホームページ、JSTの「JST Channel」にも動画がアップロードされている。

## 7 外部資金の獲得

平成30年度の公的資金は昨年より増え、また企業等との共同研究は件数が倍増し、金額も5割強増加した。企業との共同研究は検討中の案件も含め増加傾向にあり、活発な連携活動が実施されている。

## 8 メンバースhipプログラム

ICCへの研究者派遣と、金沢工業大学が有する炭素繊維複合材料に関する知見等の利便を共有するため実施しているメンバースhipプログラム会員として、今年度47機関58人が参画した。毎月開催している「メンバーズフォーラム」が定着しICCの研究活動を紹介するとともに同会員企業の研究者人材育成に資するための活動として、外部講師の招聘や他の研究会と共催により最先端の幅広い情報提供をしている。また今年度、外国籍(仏)の会員も参加した。

## 9 利用者・見学者など

ICCの利用者数は、研究のための入所者(ICC職員は除く)は今年度2,978名となり昨年度とほぼ同様である。また、見学者は昨年より約1割増えて1,157名であった。見学者の増加は、新たな産学協同の仕組みや地方創生、新産業の創設の外、ICCの研究開発内容にともない関心が増加していること

## 6 Public relations and outreach activities

For research and development of carbon fiber composite materials, we actively conduct external dissemination activities and information gathering activities both in Japan and overseas. This fiscal year also we were very active in this aspect. We participated in the JST fair that was conducted in August 2018. In October, we held the "KIT-COI Symposium" at The National Museum of Emerging Science and Innovation in Tokyo to announce the results of the COI project. As an organizer, ICC held the "Composite Highway Convention, 2018" at Nagoya University in December, where about 250 people participated. In March 2019, we exhibited at the CFK valley joint booth of JEC World 2019 in France.

A video introducing the contribution of the COI to Sustainable Development Goals (SDGs) was produced from the JST budget, and it has been disseminated overseas (including to the UN Conference). Also, videos are uploaded to the ICC / COI website and "JST Channel".



JEC World 2019 の CFK Valley ブースにて

## 7 Acquisition of external funding

In this fiscal year, the number of joint research projects with companies doubled, and the joint research funds increased by more than 50%. This shows a positive trend toward joint research activities of ICC.

## 8 Membership program

The number of the participants in membership programs at ICC was 58 researchers from 47 organizations. In addition, a member of foreign nationality (from France) also participated during this fiscal year.

## 9 Users and visitors

The number of researchers using ICC (excluding ICC full-time staff) in FY 2018 was 2,978, which is almost similar to the number in the previous fiscal year. The number of visitors at ICC in FY 2018 was 1,157, which was 10% higher compared to the number the previous year. The rise in the visitors' number has led to an increased interest in the contents of the research and development at ICC and in the formation of new industries, industry-academia collaborations, and regional creation.

に繋がっている。

また今年度CFK Valleyと関連があるドイツブレーメン大学の修士課程の学生をインターンシップとして受け入れた。

→ p36 資料 05

## 10 入所者の区分明示

ICC内における安全保持、企業等の秘密保持などにも十分な配慮が必要であり、入所者の入退出掲示板、被服ルールによる区分明示などを三年前から開始し、所員、外部入所者、学生、その他など「見える化」により一見して解る分類が定着している。

## 11 海外との連携

韓国で唯一の政府出資によるCFRPの研究機関KCTECH (Korea Institute of Carbon Convergence Technology)とMOUを締結した。ICCより所長が「KCTECH Technical Forum」で講演しKCTECHからも研究部門長が「コンポジットハイウェイコンベンション」において活動内容を講演した。

またマレーシアで有数のマレーシアプトラ大学(UPM)とMOUを締結した。UPMは農業大学として設立され農学、医学、工学、教育学部を網羅し、ICCと共同研究、海外インターンシップ生受入を始めとした国際連携を行っている。

→ p37 資料 04

## 12 安全保障貿易管理

ICCでは、外国為替及び外国貿易法に基づき厳しく貨物及び技術の輸出が管理されている。炭素繊維複合材料について安全保障貿易管理に関する知識の向上を図るため、大学、教育機関向けの外部セミナー「輸出管理DAY FOR ACADEMIA」を継続して事務職員が今年度も受講した。海外との連携が活発になり、共同研究等における技術、情報提供についての該非判定を実施し、更に今年度から経済産業省アドバイザー派遣事業にてアドバイザーを受入れ、本学関係者を対象にセミナーの実施と本学管理体制のアドバイスをもらった。

## 13 地域科学技術実証拠点整備事業

文部科学省の「地域科学技術実証拠点整備事業」(28年度補正)に本学と石川県が共同提案したICCの拡張整備事業が採択された。(設備3億円、施設4億円規模)  
拠点名:「複合材料の高速・連続製造プロセス開発による革新実証開発拠点」として  
平成30年3月に竣工、7月に開所した。基礎研究から製品開発まで一貫した開発環境を提供し、事業化を加速し産業集積による地方創生を実現することを目的としている。

## 10 Specifying resident classification

To maintain safety and confidentiality within the ICC facility, a display system was introduced to check who is on duty, and clear visual classification has been established.

## 11 Collaboration with foreign countries

We signed a memorandum of understanding with Korea Institute of Carbon Convergence Technology (KCTECH), which is the only government-funded research institute in Korea for carbon fiber reinforced polymer (CFRP). We also signed a memorandum of understanding with Universiti Putra Malaysia (UPM).



KCTECH との MOU 締結

## 12 Security export trade control

Starting from this fiscal year, with the acceptance of the advisor of the Ministry of Economy, Trade, and Industry in the advisory dispatch project, we held a seminar on security trade control practices for the concerned staff at our university, and received the advice of the university operation system.

## 13 Regional science and technical demonstration center development project

The work on setting up of the "Innovative Demonstration Development Center through High-Speed, Continuous Manufacturing Process of Composite Material Development" was completed in March 2018 and the center was opened in July 2018. The center will carry out activities for providing a consistent development environment starting from basic research to product development, accelerating commercialization, and achieving regional creation through industrial collaboration.



## 14 COI 研究推進機構の運営

ICCでは、学校法人金沢工業大学が拠点校であるCOI研究推進機構の運営を引き続き行った。当機構、「革新材料による次世代インフラシステムの構築～安全・安心で地球と共存できる数世紀社会の実現～」の重要な事項は次の通りである。

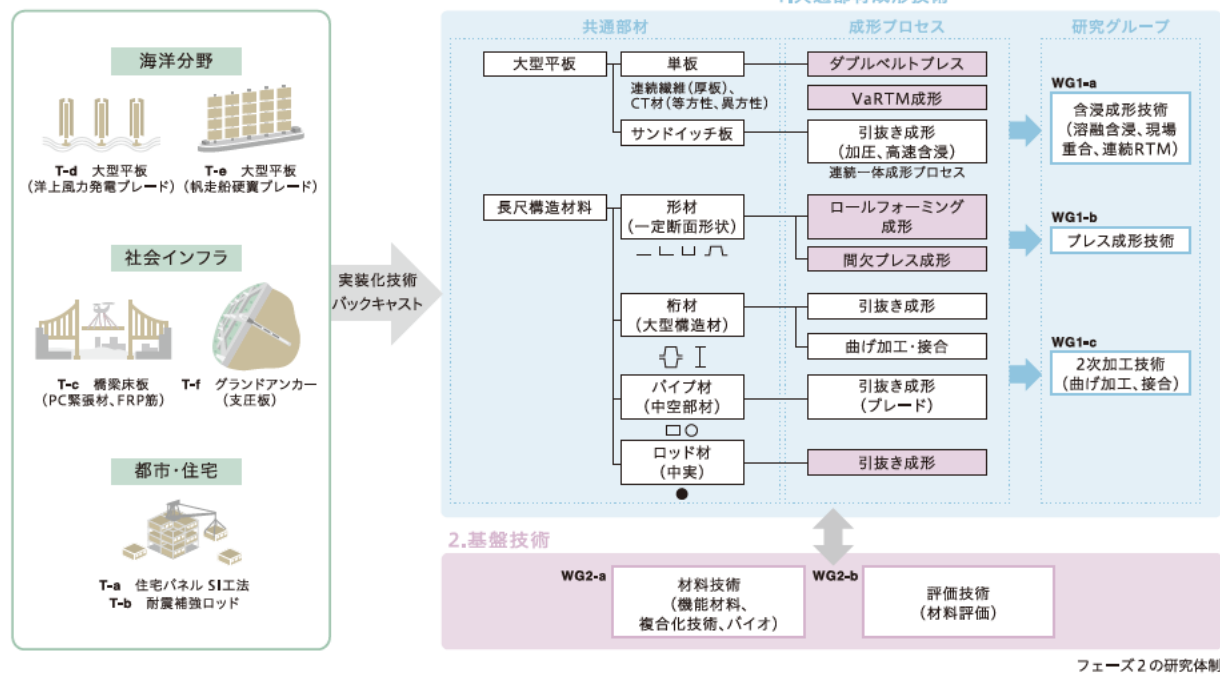
平成30(2018)年度はトータル9年間の3年区切りとしたフェーズ2の最終年度に当たり、JSTから第2回中間評価において総合評価「A+」を得た。特に個別評価としてプラットフォーム構想は「s」評価となり、企業とともに連携し技術を高める仕組みや実施する場所が整い、アンダーワンルーフが構築できていることを高く評価された。拠点構想、研究開発/社会実装の項目で「a」評価であった。一方で人材育成/活躍促進において「b」評価であり、若手を中心とし特に女性研究者の活躍促進が課題となっている。

**1** フェーズ2(平成28年度~平成30年度)のスタートに際して研究テーマを再編成し、大型平板や長尺構造物などの共通部材成形技術の開発、材料技術と評価技術を含む基盤技術開発の2分野体制とした。今年度がフェーズ2の最終年度にあたり、出口に向かって「いつだれが」「どのようなサービスを生み出すか」「効果の規模と実現時期」が整理され、フェーズ3において社会インフラと住宅建築等の6つのテーマに集中し、海洋インフラなどは連携プロジェクトとし外部資金を活用していく方向性が示された。

若手の活躍する場としてのCOI20.0制度が立ち上がり、他拠点との連携プロジェクトにも取り組んだ。

**2** COI事業に参画している企業・機関の離脱が3社あり、参画機関が1社あり、COI機構運営委員会にて承認された。

### 3.アプリケーションタスクチーム



## 14 Management of the organization for advancement of COI research

ICC continuously carried out the management of the organization for advancement of COI research based at Kanazawa Institute of Technology. The important theme of the organization is “Construction of next-generation infrastructure systems using innovative materials—Realization of a safe and secure society that can coexist with the earth for centuries.”

The overall evaluation rating “A+” was obtained at the second interim evaluation from JST. In particular, the concept of the platform received an evaluation rating of “S”, and it was highly appreciated that it could be done “Under one roof” system. While it was rated “A” in terms of base design and research and development/society implementation, it received “B” in human resource development/promotion of activity promotion, and the promotion of the activity of young researchers—especially female researchers.

**1** As 2018 is the final year of Phase 2, the themes a) “When and who,” b) “What kind of services will be created”, and c) “The scale of effect and realization time” were reorganized on at the end. In Phase 3, the project focused on six themes such as social infrastructure and housing construction, it was showed that marine infrastructure should use external funds as a collaborative project.

**2** Among the companies and organizations that participated in the COI project, there were three withdrawals and one new participant.

## III ICCにおける産学官の連携活動 Collaborative Activities of Industry, Academia and the Government in ICC

### 1 産業創出に向けたプロジェクトの企画立案

具体的なテーマをもつ企業とICCとの共同研究の他、2018年度は経済産業省サポイン(戦略的基盤技術高度化支援事業)のプロジェクト、石川県のいしかわ次世代産業創造ファンドにおける2件のプロジェクトなど、複数の企業・機関と共同でプロジェクトを企画立案し、事業が新たに開始された。

また、ICCとMOUを結んだことを契機にしてドイツの炭素繊維複合材クラスターCFK Valleyが、ドイツ連邦教育省の事業「最先端クラスター、未来志向型プロジェクト及びネットワーク国際化」において、日本をパートナー国とする国際共同研究を提案し採択を受けた。CFK ValleyはICCと連携し、プロジェクトの構想からプロジェクトのテーマ・参画機関のマッチングまで共同で作業を行った。12月には日独企業・機関によるプロジェクト参画の合意に至った。今回のプロジェクトは、国際的な産学連携の共同研究としての意義を持つだけでなく、ドイツ側には研究開発の出口となりうる企業や機関(モビリティ関連の最終製品メーカー、航空機組み立てメーカーに連なる機関)が参画しており、具体的な適用に向けて研究開発を進めようとしているところにも意義がある。

### 2 アウトリーチ活動

ICCは文部科学省COI STREAMにおける金沢工業大学COI事業(2013年11月~2022年3月)の中核拠点として、産学共同の研究開発およびプロジェクトの運営拠点として活動している。2018年度は、それまでのCOI事業の成果を発信し社会実装の推進に役立てるため、金沢工大COI中間成果報告会を10月に日本科学未来館において開催した。基調講演、成果報告やパネルディスカッション等を開催し、同時に成果品の展示発表・説明会を行った。展示発表やその後の交流会などの場も含めて、COI参画研究者は多くの来場者と活発な意見交換を行った。

また、地域単位で海外地域とのビジネス交流・事業化、地域産業活性化に取組む、日本貿易振興機構(ジェトロ)のRIT(Regional Industry Tie-up:地域間交流支援)事業を昨年度に引き続き継続した。同事業を利用し、また石川県の支援を受けて、ICCと7社(石川県、福井県、岐阜県、愛知県)の企業が連携し、10月末にドイツ・プレーメンで開催されたITHEC2018(熱可塑性複合材料に関する国際会議及び展示会)に共同出展ブースを設け参加した。さらに続けて、CFK Valley本拠地(シュターデ市)を訪問し、日独企業の交流イベントを開催した。

### 1 Project planning for industry creation

In addition to joint research involving companies with specific projects and ICC, projects have been planned in 2018 in collaboration with multiple companies and institutions, including the Ministry of Economy, Trade and Industry Supporting Industry (Strategic Foundational Technology Improvement Support Operation) project, and two projects related to Ishikawa Prefecture's Ishikawa Next Generation Industry Creation Fund, and other new programs have been launched. Furthermore, taking advantage of the MOU (Memorandum of Understanding) with ICC, Germany's carbon fiber composite cluster, CFK Valley, adopted an international joint research proposal with Japan as a partner country as part of the German Federal Ministry of Education's Internationalisation of Leading-Edge Clusters, Future-Oriented Projects, and Networks program. CFK Valley collaborated with ICC from the inception of the project to the matching of project themes and participating institutions. An agreement regarding the participation of German and Japanese companies and institutions in the project was reached in December. This project is not only significant as joint research undertaken in international industry-academia partnership, but is also important because the participating German companies and institutions are potential outlets for the research and development, which is aimed at concrete applications.

### 2 Outreach activity

ICC is the core center in the Kanazawa Institute of Technology (KIT) COI program (November 2013 – March 2022) in the COI STREAM program of Japan's Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, active in running joint industry-academia R&D and projects A KIT-COI Symposium held in October 2018 at the Miraikan (National Museum of Emerging Science and Innovation), to publish the COI program outcomes such that they can be useful for the promotion of their application in society. Alongside keynote speeches, progress reports, and panel discussions, deliverables were displayed and presented, and information sessions were held. During these presentations and the subsequent socials, COI researchers engaged in lively discussions with large numbers of visitors. Furthermore, in continuation of the previous year, we remained involved in the Regional Industry Tie-Up (RIT) program of the Japan External Trade Organization (JETRO), which engages in business exchange and commercialization with overseas regions and regional industry revitalization of specific regions. Making use of this program and receiving support from Ishikawa Prefecture, ICC and seven companies (from Ishikawa, Fukui, Gifu, and



### 3 産業創出に向けた活動

プロジェクトの企画立案、様々な産学連携の活動に加えて、様々なネットワーク形成にも取り組んでいる。産業創出に向けた市場形成へ資することがその目的の一つである。

国内では、2014年11月以来、ICCと名古屋大学NCC、岐阜大学GCC、東海北陸地域を中心とする公設試験研究機関等によるコンソーシアムを形成し、コンボジットハイウェイとして、各地域の企業のネットワーク化と事業化の支援を続けている。

コンソシシアム事業の一つとして、12月にICCが運営幹事として、コンベンション2018を開催した。名古屋大学のホールを会場に、講演、報告会と隣接するホールでのパネル展示を行った。基調講演ではオランダFokker社のArnt Offringa氏、韓国KCTECHのKusoon Park氏による講演、2017年創設のコンボジットハイウェイアワード(4部門)の最終予選通過者によるプレゼンテーション、パネル展示者による1分間プレゼン(ピッチ形式)などを行った。また、10月17～19日に開催されたSAMPE Japan先端材料技術展2018においては、コンソーシアムのICC、NCC、GCCが協力してブースを設置し、35社の企業が共同出展を行った。さらにそれらの出展企業を中心とするビジネスマッチングイベントを行った。

### 4 連携拡大、ネットワーク形成

2018年度は、ICCの研究者のネットワークが縁となり、新たなネットワークとして、マレーシアの中心的な大学のひとつであるプトラ大学と金沢工業大学との研究開発や人的交流などの組織的な協力を促進するため国際交流協定の締結を実現した。協定後には、UPM博士課程の学生の学位取得に貢献し、年度内に共同で2件の論文発表(IF=5.651を含む)、2件の国際学会発表を行っている。

さらに、韓国KCTECHとは、ICC所長がKCTECHを訪問し講演を行い、先述のとおりICCが幹事として企画運営したコンベンションにKCTECHから来日・講演を行うなど、交流を続け、今後、産学連携分野の国際交流、連携を推進するため、KCTECHとICCは3月に協力協定を締結した。



金沢工大 COI 中間成果報告会 (パネルディスカッション)

Aichi Prefectures) collaborated to exhibit in a joint booth at ITHEC 2018 (international conference and exhibition regarding thermoplastic composite materials) at the end of October in Bremen, Germany. We subsequently visited CFK Valley headquarters in Stade, holding an international exchange event for German-Japanese companies.

### 3 Activities aimed at industry creation

In addition to planning projects and various industry-academia partnership activities, we are also involved in a range of network building activities. One of the objectives of this is to contribute to building markets to create industries.

In Japan, ICC has formed consortiums, since November 2014, with public research institutions, mainly in the Hokuriku and Tokai regions, including NCC at Nagoya University and GCC at Gifu University, and continues to support commercialization and the formation of networks for companies in each region as the Composites Highway Consortium.

As part of the consortium program, ICC organized its 2018 Convention in December. Talks and reports about the consortium's annual activities were conducted in a hall at Nagoya University, with panel exhibits taking place in an adjacent hall. Keynote speeches were delivered by Arnt Offringa of Fokker Aerostructures BV in the Netherlands and Kusoon Park of KCTECH in Korea. Presentations were given by the finalists for the Composite Highway Award (4 categories) which was set up in 2017, and one-minute presentations (pitches) were given by the panel exhibitors. Moreover, at the SAMPE Japan Exhibition 2018 held from 17-19 October, ICC, NCC, and GCC of the consortium jointly set up a booth. Thirty-five companies took part in a joint exhibition and a Business Matching Event was held.

### 4 Expanding collaborations

In 2018, ICC researcher networks were linked to form new networks and international exchange agreements were reached for the promotion of organizational cooperation such as R&D and personal exchange between Kanazawa Institute of Technology and Universiti Putra Malaysia (UPM), one of the key universities in Malaysia. Since the agreement was reached, we have contributed to students gaining doctoral degrees at UPM and within the same year, two joint papers were published (including IF = 5.651) and two papers were presented at international conferences. The ICC director visited KCTECH in Korea to give an address and the interaction is continuing. To promote future international exchange and collaboration in the field of industry-academia partnerships, KCTECH and ICC concluded a cooperative agreement in March.

### IV 教育活動 ICC Educational Activities

ICCは、理論と実践を兼ね備えた産業人材の育成拠点、関連諸分野をつなぐ学際教育の拠点となることを理念の一つとして、学生から社会人まで一貫する人材育成プログラムの実現に向けて活動している。

#### 1 海外インターンシップ受入れ

ICCは、6月から9月にかけて約4ヶ月間、ドイツ・ブレーメン大学の修士課程の学生をインターンシップ生として受け入れた。インターンシップ中はICCの担当研究員の指導のもと研究活動を行いICCの研究ミーティングにも参加するなど幅広く活動を行った。同学生は、これらの研究活動を修士論文としてまとめた。

#### 2 高信頼ものづくり専攻複合材料領域 特別講義Ⅰ&Ⅱ(複合材料特論Ⅰ&Ⅱ)

大学院における特別講義を社会人に対して実施した。2018年度は、講師に金沢工業大学・ICCの教職員、各分野の最前線で活躍する研究者を外部講師として招き、座学講義と実習を行った。講義を中心とした前期8回、実習を中心とした後期8回の全ての授業を社会人が参加しやすい土曜日に開講した。

複合材料特論Ⅰ(座学講義中心)においては、複合材料の成形、強化繊維、マトリックス樹脂、複合材料の界面、設計、評価、応用に渡って講義を行った。複合材料特論Ⅱ(実習中心)においては、最新適用技術概論、複合材料部材の開発技術、積層材成形および評価試験、最終回に参加者が試作した成形品のコンテストを行い、複合材料部材の設計、製作、評価を総合的に討議した。

その他、石川県産業創出支援機構「石川県次世代産業育成講座・新技術セミナー」、中部経済産業局・北陸支局「高機能新素材活用セミナー」、北陸産業活性化センター「北陸産業活性化フォーラム」などをICCにて開催した。さらに、外部機関からの要請を受け講義と実習を組み合わせた出前授業を行った。



社会人特別講義 実習

北陸産業活性化フォーラム

As part of our philosophy to be a center that fosters human resources for industry, combining theory and practice, as well as an interdisciplinary center connecting various related fields, ICC works to realize consistent training programs for students and working members of the society.

#### 1 International interns

For a period of four months (from June to September), ICC welcomed Master's course student from Bremen University in Germany as an intern. During his internship, he engaged in a wide range of activities under the guidance of an ICC researcher including R&D and took part in research meetings. The student included these activities in his Master's thesis.

#### 2 High-reliability manufacturing of composite materials Special lecturesⅠ&Ⅱ(Advanced composite materials courseⅠ&Ⅱ)

Special adult lectures were delivered by our graduate school personnel. In 2018, we invited KIT/ICC staff members as well as other researchers investigating the cutting-edge areas in their fields as external lecturers, for classroom learning as well as practical training. These sessions were held on Saturdays to allow easy attendance and consisted of 8 classroom sessions in the first half and 8 practical training sessions in the second half.

The advanced composite materials courseⅠ(mainly classroom teaching) covered a wide range of subjects including molding composite materials, reinforced fibers, matrix resins, composite material interfaces, design, evaluation, and application. The advanced composite materials courseⅡ(mainly practical training) included an introduction to the latest application technologies, technologies for the development of composite material parts, composite molding, and evaluation tests. During the last session, a contest was held involving molded products created by participants and the design, manufacturing, and evaluation of the composite components was comprehensively discussed.

In addition, ICC organized the Ishikawa Prefecture Next Generation Industry Creation lectures/New Technology seminars (Ishikawa Sunrise Industries Creation Organization), a seminar on using high-function new materials (Chubukeizaisangyo Bureau, Hokuriku Bureau), and the Hokuriku Industry Revitalization forum (Hokuriku Industry Revitalization Center). Furthermore, we delivered lectures and practical training in response to requests from external institutions.



## V 平成 30 (2018) 年度の研究活動 Research Activities in Fiscal Year 2018

## 15 2018 年度の COI 研究トピックス

COI research topics for FY2018

関戸 技監 / 教授 : Sekido Senior Advisory Engineer / Professor

## 16 セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務社会実装に向けた CNF 材料の導入実証・評価・検証 ～自動車分野～

2018 Cellulose Nanofiber Performance Evaluation Work Outsource Project

Proving, Evaluation, and Verification for Introduction of CNF Materials for Social Implementation ~ Automotive Field ~

鶴澤 所長 / 教授 : Uzawa Director / Professor、附木 研究員 : Tsukegi Researcher

佐久間・乾・埜口 技師 : Sakuma, Inui, Noguchi Engineer

## 17 COI 事業 COI 若手連携研究ファンド

大型 3D プリンティングによる CFRP ペレットを用いた革新的壁モジュールの設計方法に関する研究

COI business COI young research collaboration fund "Study on innovative wall module design method using CFRP pellets by large 3D printing"

上田・山下 研究員 : Ueda, Yamashita Researcher

## 18 全固形原料からなる高 Tg 熱可塑エポキシ樹脂の開発

Thermoplastic epoxy resin with high glass transition temperature made from solid precursors

西田・稲垣 研究員 : Nishida, Inagaki Researcher

## 19 PP 系コンポジットにおける新規相溶化剤 (iPP-PAA) の開発

Development of new compatibilizer (iPP-PAA) in PP composite

附木・山下 研究員 : Tsukegi, Yamashita Researcher

## 20 ダブルベルトプレスによる新規プロセス開発

Continuous process for impregnating a carbon fiber with thermoplastic resin using double belt press

北田・石田・上田 研究員 : Kitada, Ishida, Ueda Researcher、佐久間 技師 : Sakuma Engineer

## 21 FRP スtrandロッド材料の引抜成形

Pultruding of FRP strand rod material

上田・山下 研究員 : Ueda, Yamashita Researcher、乾・松本 技師 : Inui, Matsumoto Engineer

## 22 CFRTP 接合のプロセス技術研究

CFRTP bonding process technology

京元・植村・和田 研究員 : Kyomoto, Uemura, Wada Researcher

## 24 AI を用いた CFRP のプレス成形条件の最適化

Optimization of press forming conditions of CFRP using AI

白井・上田 研究員 : Shirai, Ueda Researcher

## 25 X 線 CT を用いた CFRP の非破壊検査

Nondestructive inspection of CFRP using X-ray CT

白井 研究員 : Shirai Researcher

## 26 ドライ繊維含浸性計測に関する研究

Research on dry fiber impregnation measurement

漆山 客員教授 : Urushiyama Visiting Professor、松本 技師 : Matsumoto Engineer

## 27 ICC における HP-RTM の適用開発に向けた取り組み

Approach to application development using high-pressure resin transfer molding process by the Innovative Composite Center

布谷 研究員 : Nunotani Researcher、乾・佐久間 技師 : Inui, Sakuma Engnieer

## 28 土木・建築用途に向けた大型パネルの開発

Development of large panels for civil constructions

中島・高岩 研究員 : Nakajima, Takaiwa Researcher

## 30 実機による成形加工技術

Molding processing technology using actual machine

乾・佐久間・堀・埜口・松本・橋本 技師 : Inui, Sakuma, Hori, Noguchi, Matsumoto, Hashimoto Engineer

## 32 平成 30 (2018) 年度 成果 : Achievement in FY2018



関戸 俊英

Toshihide Sekido

COIは革新複合材料研究開発センター(以後ICC)を拠点の中心として関係する研究機関や企業と連携して研究開発を6年前から進めて来ている。このCOIは3つのフェーズにて構成されており、2018年度は第2フェーズの最終年度を終えたところである。ICCでは、この第1、2フェーズで様々な要素技術の開発を行い、全体の開発テーマ概要と特記すべき今年度の実現技術を紹介する。

本COIでは、熱可塑性CFRPの開発を基点とし、原材料の開発、および製造／製品化に関する「含浸成形技術、プレス成形技術、二次加工技術」の三分野に統合した革新的な要素技術開発と実装化を想定したインフラ向けアイテムの検討を行った。要素技術開発は、前記想定したアイテムを基にバックキャストして定めた開発目標の達成と共通の技術検討課題である。

ICCを開発拠点として推進している「共通要素技術」の主要なテーマを中心に開発状況を紹介します。

1.含浸成形技術は、CFRTPの中間材料を連続して成形するダブルベルトプレス(DBP)成形技術が主体であり、2017年に設置したDBP投入前のCF基材や樹脂フィルムの予熱装置や金属製循環ベルトの予備加熱装置(駆動ロールの加熱)を稼働させて、ラボスケールの試験装置による試験にて本COIが目指す厚肉(6mm)平板の高速成形技術確立の目的を得た。(本高速技術は世界初)

2. FRPロッド材は、耐震補強部材への実用化が進められ、2018年度はJIS取得を目指して、規格原案の作成まで進めた。一方で、本年度からコンクリート補強筋における鉄筋代替となるFRPロッドの作製の大幅な製造コストの削減へ向けた新規製造技術の開発に取り組み、ロッド成形速度が従来の10～30m/h(0.5m/min)から10m/minの超高速成形(約20倍の高速化)を達成した。このFRPロッド材は昨年度より耐震補強部材としての実装化が進んでおり、世界遺産となった富岡製糸場の耐震補強に採用され、更に鉄道ホームの落下防止柵などにも適用が始まっている。

3. 二次加工技術の重要な課題である接合技術は、第2フェーズより本格的に開始したが、2018年度はレーザー光による穿孔&溶融という厚肉部材への接合に加え、厚肉鉄板で多く用いられている突き合わせ溶接による接合技術についてプロセスと接合強度の両面から評価検討を行い、一定の成果を得た。これらは、従来に無い斬新かつ革新的な接合技術であり、実用化への期待は大きい。

## 2018年度のCOI研究トピックス

COI research topics for FY2018

COI has been promoting research and development for six years in collaboration with related research institutes and companies, having Innovative composite center (ICC) as its reference center. Three phase are involved in this period, with FY2018 being the final year of the second phase. Given that ICC has developed various elemental technologies in the first and second phase, we will introduce a summary of the overall development topics as well as a few points of this year's development that should be highlighted.

First, based on the development of thermoplastic CFRP, innovative elemental technologies have been integrated into the fields of "impregnation molding technology, press molding technology, and secondary processing technology" related to raw material development and manufacturing/production. We have also considered infrastructure items for development and implementation. Elemental technology development is a task for achieving a prescribed goal back casted based on the assumed items.

We introduce the main topics of the above "common element technology" promoting by ICC.

of Japanese companies and to accelerate social implementation.

1.Impregnation molding technology mainly comprises double belt press (DBP) technology that continuously molds the intermediate material of carbon-fiber-reinforced thermoplastic and preheats CF and resin film before DBP insertion installed in 2017. The equipment and preheating device of the metal circulating belt are activated. The aim is establishing high-speed forming technology of a thick (6 mm) plate targeted by COI after a simulation experiment with a laboratory-scale testing device. (This high-speed technology is the first of its kind ever developed).

2.Commercialization of FRP rod into aseismatic reinforcement members was promoted. In FY2018, we aimed at obtaining JIS and proceeded to draft a standard. Besides, we have been working on a new manufacturing technology to reduce the manufacturing cost of FRP rods, which are the substitutes for reinforcing bars in concrete. The rod forming speed is 6 km from the conventional 10-30 m/h. Ultra-high-speed molding (about 20 times speedup) of at least / h was achieved. This FRP rod has been implemented as a seismic reinforcement member since last year. In particular, it has been adopted this year for the seismic reinforcement of Tomioka Silk Mill, which has become a World Heritage Site. Moreover, it recently started to be applied for the fall prevention fence.

3.Bonding technology, which is an important issue in secondary processing technology, began to be operative from the second phase. In addition to joining thick members such as drilling and melting with laser light, from FY2018, which is a technique commonly used for thick iron sheet. We have evaluated butt welding technology from the viewpoint of both processes and joint strength, obtaining good results. These are novel and innovative joining technologies that have never been implemented before. Their prospects for practical use are notable.



セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務

## 社会実装に向けたCNF材料の導入 実証・評価・検証 ～自動車分野～

2018 Cellulose Nanofiber Performance Evaluation Work  
Outsource Project  
(Proving, Evaluation, and Verification for Introduction of CNF  
Materials for Social Implementation-Automotive Field)



### 1. 目的

自動車分野において、部品や製品の軽量化でのエネルギー効率改善による二酸化炭素排出削減を目的とし、セルロースナノファイバー（以下「CNF」という。）の特性を生かした用途（部材や部品）を提案するとともに、CNF を利用・複合化した樹脂材料について材料から自動車最終製品までの一連の流れを俯瞰した評価を実施する。

### 2. CNF大物部材の試作・評価

昨年度からRTM (Resin Transfer Molding) 成形により、トヨタ86向けのCNF製エンジンフード（大物部品）のアウトターパネル等の大物部材の試作と評価を（（株）トヨタカスタマイジング&ディベロップメントおよび金沢工業大学）で担当した。成形初期はエポキシ樹脂の未含浸部分が問題となり、樹脂含浸性を向上するため、基材およびフォーム材の加工によって改善を行った。CNF シートにエポキシ樹脂を含浸させるRTM 工法によりトヨタ86 用のエンジンフード (Figure.1:エコプロダクト展出展) の試作を行った。従来品と比較して40% 程度の軽量化が確認できた。剛性はアルミ部材の1.7倍高い値を示し、さらなる軽量化を目指す。本研究は環境省プロジェクト「社会実装に向けたCNF材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～」(NCVプロジェクト) の中で実施したものである。本コンソーシアムに参画している機関のメンバーに対して感謝いたします。

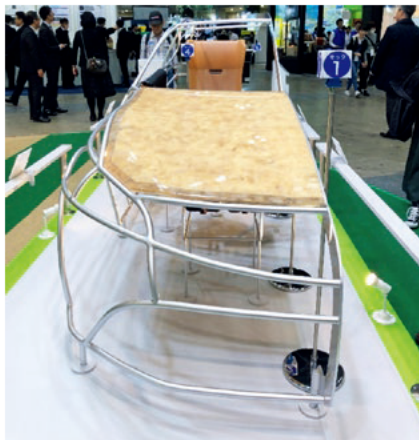


Figure1. CNF engine hood

### 1. Aim of the project

In the automotive industry, applications (materials and parts) were proposed for utilizing the properties of cellulose nanofiber (CNF); hence, a thorough evaluation was conducted of the entire process from the use of resin composites with CNF to the final automotive product stage. The aim was to reduce carbon dioxide emissions by improving energy efficiency by reducing the weights of parts and products.

2. Development and evaluation of large parts made with CNF Since last year, I have been in charge of development and evaluation of large parts made with CNF such as outer panels of engine hood of Toyota 86 using resin transfer molding (RTM) (Toyota Customizing & Development and Kanazawa Institute of Technology). In the initial stage of molding, the impregnation of epoxy resin was a challenge; hence, to improve the resin impregnation property, the base material and foam material were processed. An engine hood prototype of Toyota 86 (Figure 1: Eco product exhibition) was made using the RTM method in which CNF sheets were impregnated with epoxy resin. An approximate 40% reduction in weight % was achieved in comparison with the weight of conventional products. Furthermore, the rigidity of this composite was 1.7 times higher than that of aluminum parts. We aim to achieve further reduction in weight.

This NCV project was by Ministry of the Environment Government of Japan.

We thank everyone who participated in this consortium.

COI事業 COI若手連携研究ファンド

## 大型3DプリンティングによるCFRPペレットを用いた 革新的壁モジュールの設計方法に関する研究

COI business COI young research collaboration fund  
"Study on an innovative wall module design method using CFRP pellets in large-scale 3D printing"



2018年COI若手連携研究ファンドに採択された。このファンドは、JSTが社会実装に向けた研究開発を加速するため、若手研究者を対象としてビジョン横断的または拠点横断的な連携研究の活性化を図ることを目的に、若手研究者が研究企画から主体となり、その支援制度として、COIプログラム内にて実施している (JST webページ抜粋)。我々は、慶應義塾大学（以下、慶應大学）COI拠点と連携し、連携テーマ名称を「大型3DプリンティングによるCFRPペレットを用いた革新的壁モジュールの設計方法に関する研究」として、慶應大学、金沢大学、金沢工業大学の三大学でそれぞれの若手研究者が課題代表者となり活動した。研究開発資金は、13,520,000円（間接費を含む）であった。研究の目的は、慶應大学で開発した建築スケールの大型3DプリンタArchiFabに、金沢工業大学と金沢大学が研究を行っているセルロース母材のCFRPペレットを使用し、複雑で不均質な内部構造を持った革新的な建築壁モジュールを設計し、その基本性能を検証し、3Dプリンティングに用いる新規材料の開発をする。

主に金沢大学と金沢工業大学がセルロース樹脂に溶融混練により炭素繊維 (CF) を混練したCFRPペレット (図1) を慶應大学の3Dプリンティング技術により複雑形状 (ジャイロイド構造) を有した試験体 (図2) を作製し、金沢工業大学が物性評価を行い、それぞれにフィードバックする。具体的には、金沢大学が異なるCF添加量のCFRPペレットの分子量測定や流動性の確認を行い、慶應大学がそれぞれのペレットについて3Dプリントにおける最適な成形条件を検討した。金沢工業大学は、各力学特性や衝撃特性、レオロジー物性などの測定を担当した。研究を進めるにあたり、市販のセルロースの分子量が高く、熱に弱いことが最大の問題であった。分子量が高いため溶融粘度が高く、3Dプリンティング時に吐出が安定せず成形が困難となる。粘度を下げるために成形温度を上げると、セルロースの熱劣化および熱分解が生じることが明らかになった。そこで、母材となるセルロース樹脂に熱安定剤を添加することで、機械強度および熱安定性の向上に加え、セルロース樹脂特有の匂いを軽減することが明らかとなった。成形温度域が広がったことにより3Dプリンティング時に低い粘度で成形が可能となり成形性が向上したが、ジャイロイド構造のような複雑な形を安定的に成形するには至らなかった。連携研究体制は終了するが、今後は、本研究で得た知見を基に機能性の高い建築モジュールの実現のために樹脂の改良や助言を行っていく予定。



Figure1. CFRP pellet

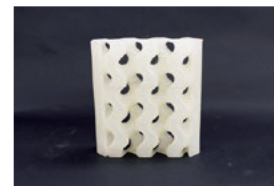


Figure2. Gyroid structure wall model

The project was adopted by the COI Young Researcher Collaboration Fund in 2018. To accelerate research and development performed by JST toward social implementation, this fund aimed to stimulate collaborative research across visions or bases among young researchers. As a support system there are the names of the three universities, it was implemented within the COI program (JST webpage excerpt). We collaborated with the Keio University COI Center (hereinafter referred to as Keio University), and the collaboration was titled as "Study on an innovative wall module design method using CFRP pellets in large-scale 3D printing," Keio University, Kanazawa University. Young researchers at each of the three universities including Kanazawa Institute of Technology acted as task representatives. A total of ¥13,520,000 was provided as funds for research and development (including overhead costs). The purpose of this research was to use the CFRP pellet of cellulose base material, which was being researched upon by Kanazawa Institute of Technology and Kanazawa University, in a large-scale 3D printer developed at Keio University for architectural applications as well as to construct a complex and heterogeneous internal structure, design an innovative building wall module, verify its basic performance, and develop new materials for use in 3D printing.

Primarily, Kanazawa University and Kanazawa Institute of Technology melt-kneaded carbon fiber (CF) into CFRP pellets (Figure 1) via the melt-kneading method and prepared a test body with a complex shape (gyroid structure) by employing 3D printing technology of Keio University (Figure 2). Kanazawa Institute of Technology evaluated and provided feedback on each of the physical properties. Specifically, Kanazawa University measured the molecular weight and fluidity of CFRP pellets at varied CF amounts, and Keio University examined the optimum forming conditions in 3D printing for each pellet. Kanazawa Institute of Technology was in charge of measuring mechanical properties, impact properties, and rheological properties. While conducting research, the greatest challenges were the high molecular weight of commercially available cellulose and its heat resistance.

Because of a high molecular weight and melt viscosity, the discharge was not stable at the time of 3D printing; consequently, the molding became difficult. It was found that thermal degradation and thermal decomposition of cellulose occurred when the forming temperature was increased for lowering the viscosity. Our investigation revealed that in addition to improving the mechanical strength and thermal stability, addition of a heat stabilizer to cellulose resin as the base material helped reduce the odor peculiar to cellulose resin. Although the widening of the forming temperature range enabled forming with low viscosity during 3D printing and improved formability, it did not accomplish stable forming of a complex shape such as the gyroid structure. Although the collaborative research system has ended currently, in the future, we plan to improve the resin and provide advice to realize a highly functional building module based on the findings from this research.



## 全固形原料からなる 高Tg熱可塑エポキシ樹脂の開発

Thermoplastic epoxy resin with high glass transition temperature made from solid precursors



西田 裕文  
Naofumi Mishida

稲垣 昌輝  
Masaki Inagaki

ICCでは、現場重合型熱可塑性樹脂をマトリックスとする高含浸性熱可塑性複合材料の開発の一環として、とりわけ重合後非常に優れた靱性や接着性を発現する熱可塑エポキシ樹脂を用いた複合材料を精力的に研究している。今回、従来品の欠点とされるTgが低い点を改良した新規高Tg熱可塑エポキシ樹脂の開発に取り組んだ。

スタンダードタイプの熱可塑エポキシ樹脂は全てビスフェノールA構造からなり、Tgが100℃程度であるため土木分野以外の工業製品として適用可能な用途が少ないという問題がある。より剛直な構造、特にビスフェノール類の芳香環の連結基に剛直で嵩高い置換基を導入することで、単にTgを向上させるだけなら比較的容易に達成できることは既知である。しかしながら、熱可塑エポキシ樹脂の最大の特長である高い靱性を発現できる手法は確立されていない。

一方、スタンダードタイプより高Tgの熱可塑エポキシ樹脂は高融点の原料を多く含み、スタンダードタイプのような簡易な注入方式で扱うことが困難であるため、FRP成形現場においても二軸混練押出機を用いることが本質的に想定されそうである。その場合、液状樹脂が原料として含まれていると、二軸混練押出機のホッパー内で樹脂が熔融一体化してブロッキングしフィードできなくなる問題が生じた。そこで、全ての原料が固形である処方 の確立も課題となった。

検討の結果、剛直構造モノマーの導入のみならず、適度な分岐形成能の付与により、DSC測定でのTgが135℃でありながら高い靱性をも発現する新しい熱可塑エポキシ樹脂を開発することができた。

We have been working on novel thermoplastic composites at ICC, with a focus on utilizing thermoplastic epoxy resins that exhibit excellent toughness and adhesion properties after polymerization. This investigation is part of our research toward highly impregnated thermoplastic composites with matrix material of in situ-polymerizing thermoplastic resins. Recently, we developed a new type of thermoplastic epoxy resin with a higher glass transition temperature (Tg) than the standard type. The standard thermoplastic epoxy consists of only the bisphenol A structure and has a Tg at approximately 100 °C.

Therefore, this material can be used in only a few industrial applications, except civil engineering uses. Our previous study showed that Tg can be raised easily only by introducing a rigid and bulky substituent into the linking groups of the aromatic rings of bisphenols. However, this method yields a relatively brittle final product; thus, researchers are seeking strategies for increasing Tg while maintaining high toughness of the material. Thermoplastic epoxies with higher-than-normal Tg could be made from a wide variety of raw materials with high melting points. These materials are not usually used, however, because they are relatively difficult to mold using simple injection processes, so twin-screw extruders would be used at FRP molding sites. In such scenes, if liquid component is included in the raw materials, melt integration of the resin at the supply port of the twin-screw extruder will cause blockages and prevent smooth feeding. A thermoplastic epoxy made from only solid raw materials could avoid this problem altogether. Addressing these concerns, we finally developed a novel thermoplastic epoxy that is very tough and has a Tg of 135 °C, as measured by differential scanning calorimetry (DSC). The material has these properties because of its subtle branch structure and the addition of rigid monomers.

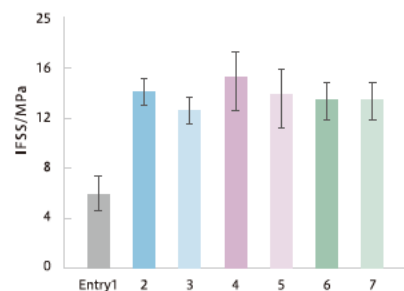


Figure 1. Interfacial shear strength in fragmentation test

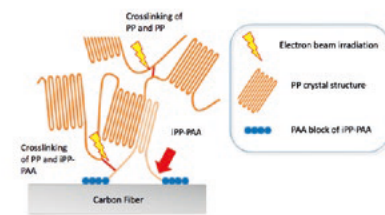


Figure 2. Suppression of strength deterioration of PP/CF/iPP-PAA composites by beam

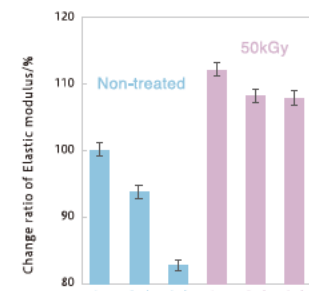


Figure 3. Changes in elastic modulus at reshaping depending on the presence or absence of electron beam irradiation\*  
\*Calculated by converting the elastic modulus and tensile strength of a sample molded in the first irradiation to 100%

## PP系コンポジットにおける 新規相溶化剤 (iPP-PAA) の開発

Development of new compatibilizer (iPP-PAA) in PP composite



附木 貴行  
Takayuki Tsukegi

山下 博  
Hiroshi Yamashita

PP系アイオノマーのアイソタクチックポリプロピレンーポリアクリル酸トリブロック共重合体 (Isotactic Polypropylene Polyacrylic acid: iPP-PAA) iPP-PAAはPPの両末端に反応性極性ポリマーを固定したトリブロック共重合体である。両末端の反応性極性ポリマーがPP結晶構造に入り組み、面として接着するため、凝集破壊が生じ、物性向上につながる。

### 1.新規相溶化剤 (iPP-PAA) の酸ブロック鎖長と界面接着性

酸ブロック鎖であるポリアクリル酸 (PAA) の分子量による界面接着性への影響を調査した。iPP-PAAトリブロック共重合体は、センターブロック鎖に分子量23000のiPPを用い、両末端に分子量2300または12900のPAAを導入した共重合体を用いた。iPP-PAAの比較として一般的な相溶化剤であるマレイン酸変性PP (MAPP) を用いた。相溶化剤の仕込み比を表1に示す。樹脂と繊維の界面接着性はフラグメンテーション試験を用いて、界面せん断強度を算出し評価した (図1)。iPP-PAAを5 wt%添加したentry 2および4において、相溶化剤を添加していないentry 1と比較して約2.4倍以上の界面せん断強度の向上が見られた。特にPAAの分子量が高いentry 4においては、MAPPよりも良好な接着性を示した。

### 2.放射線照射によるCF/PPコンポジットのマテリアルリサイクル性の改善

本研究はMAPPやiPP-PAAなどの相溶化剤はPP/CF複合材料の力学強度を向上させるが、再成形の熱熔融による強度劣化を防ぐことができない。ここでは、熱熔融時の劣化を抑制する手法を提案する。PPと5ミリ以下の短繊維のCFとiPP-PAA共重合体 (Mn=25000, iPP/PAA=20k/5k、) をそれぞれ95 wt%/5 wt%/3 wt%の比率で混練し、JIS K7161に準拠するようにダンベル型試験片を射出成形機によって作製した。50 kGyの電子線照射後 (図2)、さらに成形した試験片を1 cm角に切断し、再熔融することでダンベル型試験片を再度射出成形し、引張試験を行った。この操作を2回繰り返すことで放射線照射によるマテリアルリサイクル性への影響を評価した。図3に引張弾性率の再成形に伴う変化を示す。電子線を未照射の試料は再成形を行う度に、引張弾性率に大きな減少が確認された。3回成形を行う (3rd) ことで、初期値 (1st、引張弾性率: 2726 N/mm<sup>2</sup>) に比べ弾性率が89%まで減少した。一方、電子線を照射した試料は、未照射試料 (1st) に比べ112%弾性率が増加し、3回成形後 (3rd) も、弾性率は107%まで維持していた。電子線を照射すると母材のPP同士または、PPとiPP-PAAのPP部分との架橋反応が起こり、熱分解や酸素分解により一部が切断されても全体としての分子量低下の抑制や相溶化剤の機能が維持されるため、PP/CF複合材料の強度を維持したと考えられる。以上のことから、本手法はPP/CF複合材料の熱熔融による強度劣化を抑え、材料寿命を向上する有効な手法であるといえる。

PP-based ionomer isotactic polypropylene-polyacrylic acid triblock copolymer (isotactic polypropylene polyacrylic acid: iPP-PAA) iPP-PAA is a triblock copolymer in which a reactive polar polymer is fixed at both ends of PP. The reactive polar polymer at both ends intercalates in the PP crystal structure and adheres as a surface. Thus, cohesive failure occurs, thereby leading to improvements in physical properties.

### 1. Interfacial shear strength and acid block chain of novel compatibilizer (iPP-PAA)

The effect of molecular weight of acid block chain polyacrylic acid (PAA) on interfacial adhesion was examined. The iPP-PAA triblock copolymer was a copolymer in which iPP (molecular weight: 23000) was used for the center block chain and PAA (molecular weight: 2300 or 12900) was introduced at both ends. Maleic acid modified PP (MAPP) is a common compatibilizer and is used as a comparison of iPP-PAA. Table1 shows the preparation ratio of the compatibilizer. The interfacial adhesion between resin and fiber was evaluated via a fragmentation test (Figure 1). Entries 2 and 4 with 5 wt% iPP-PAA indicated an improvement of approximately 2.4 times or more in terms of interfacial shear strength when compared to entry 1 without the compatibilizer. Specifically, entry 4 with a high molecular weight of PAA exhibited better adhesion when compared to that of MAPP.

### 2. Improvement in material recyclability of CF / PP composite by irradiation

In the study, compatibilizers including MAPP and iPP-PAA improve the mechanical strength of PP / CF composites although they do not prevent strength deterioration due to thermal melting of re-forming. In the present study, we propose a method to suppress degradation at the time of heat melting. (Figure 2) When added with compatibilizer iPP-PAA or MAPP, electron beam irradiation improved the elastic modulus (MAPP: 107% iPP-PAA: 112%) in both cases, and the decrease in the elastic modulus due to re-forming was suppressed. We were able to (Figure 3). Specifically, in the case of iPP-PAA, despite performing repeated molding thrice, elastic modulus was maintained at 107% and tensile strength was maintained at 95%. The PP / CF composite material treated via the proposed method retained high mechanical strength after re-forming, and thus material life was significantly improved.



## ダブルベルトプレスによる新規プロセス開発

Continuous process for impregnating a carbon fiber with thermoplastic resin using double belt press

ダブルベルトプレス(DBP)を用いて、炭素繊維に熱可塑性樹脂を含浸させ高品質で低コストに厚肉CFRTP板を生産可能な連続プロセス開発を進めている(図1)。生産効率を向上させる材料厚み方向の熱伝導に依存しない直接加熱方式を用いた連続予熱プロセス開発成果と、固定ローラー式DBPでの含浸メカニズムの解明に関する研究成果を述べる。

### ①連続予熱プロセス開発

本開発においては主に2つの課題がある。

課題①は加熱挙動の繊維配向依存性の解決である。2017年に製作した加熱装置では、特定の繊維配向しか均温加熱が出来なかった。一方DBPプロセスは多品種に対応出来ることが望ましい。2018年度は、繊維配向に依存せず幅方向に約±10℃以内の加熱可能な改良加熱装置を製作した(図2)。

課題②は連続化に必要な機械仕様を明確にすることである。実験により必要仕様を明確化し、課題①に対する成果と合わせて連続予熱装置プロトタイプ の構想を製作した。

なお、図3は連続化検証装置にて連続加熱した場合の昇温プロファイルである。

### ②含浸プロセスの解析

固定ローラーを用いたプレス方式は上下ベルトの隙間を制御する位置制御方式であり、荷重制御方式では成形出来ない材料仕様にも対応出来る反面、加圧(含浸)挙動が複雑となる。2018年度は含浸メカニズムを解明すべく実験的な検証やPAM-RTM™を用いたローラー含浸モデルを作成した(図4)。

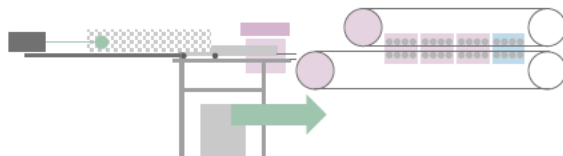


Figure 1. High speed process model

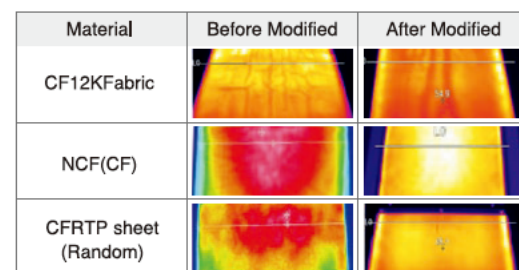


Figure 2. Temperature distribution after heating

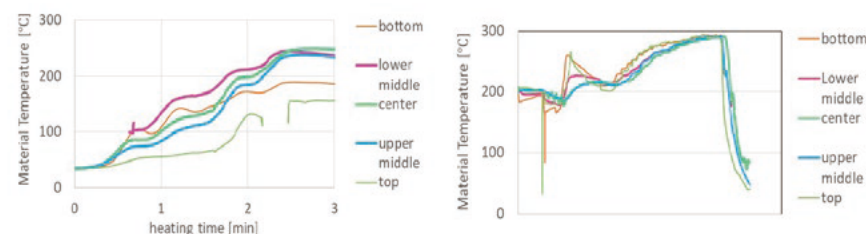


Figure 4. Process model experiment material temperature profile (Left ; Preheating Right ; DBP)



北田 純一  
Junichi Kitada  
石田 応輔  
Osuke Ishida  
上田 久偉  
Hisai Ueda  
佐久間 忠  
Tadashi Sakuma

The authors are developing a continuous process capable of impregnating a carbon fiber with thermoplastic resin by employing a double belt press (DBP) for producing high-quality, low-cost, and thick CFRTP sheets. Herein, the results of a continuous pre-heating process, which is independent of the thermal conductivity in the direction of material thickness for improving the production efficiency, are described. Furthermore, the impregnation mechanism incorporating a fixed roller system is also analyzed.

### 1. Continuous pre-heating process

There are two primary tasks associated with this process:

“Task 1” includes addressing the heating behavior dependent on fiber orientation. The heating system developed in the year 2017 cannot heat up a material uniformly, except in the specified orientation. However, the DBP process needs to be applied to a variety of materials. Hence, the authors developed a novel modified heating system that does not depend on fiber orientation, and less than ±10 °C temperature distribution was achieved, as depicted in Figure 1.

“Task 2” includes examining the required continuous process and mechanical specification. The required specification was designed, and a prototype was established on the basis of “Task 1” results. The continuous heating temperature profile generated by a trial machine is illustrated in Figure 2.

### 2. Analysis of impregnation mechanism

A fixed roller press aids in position control and sets the gap between two steel belts, and it is applied to materials that cannot be molded by the pressure control method. However, such a pressure (impregnation) behavior is generally complex. Impregnation behavior was experimentally examined, and an impregnation model was developed by employing the PAM-RTM™ software tool for analyzing the impregnation system mechanism, as shown in Figure 3.

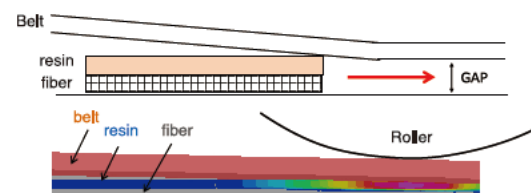


Figure 3. Pressure analysis under roller

## FRPストランドロッド材料の引抜成形

Pultrusion of FRP strand rod material

引抜成形により鉄筋代替となるコンクリート用FRP補強筋の作製を目的に、腐食しない高寿命、軽量で安価なFRPロッド材の高速成形を目指し、2018年度導入した引抜成形装置(神戸製鋼所製)を用いてFRPストランドロッド材料の成形を進めている。図1に熱硬化性樹脂および現場重合型樹脂を用いた従来技術の引抜成形と、我々がやっている熱可塑性樹脂を用いた引抜成形のモデルを示す。従来技術は、主剤にモノマーを用いており硬化反応や重合反応の時間が必要となるため、樹脂の反応速度と金型の大きさで成形速度が決定し成形速度は3m/hourから48m/hourとなる。一方、我々の技術は、押出機で樹脂ペレットを溶融し、ロービング繊維に連続で樹脂を含浸させる溶融含浸法を用いるため反応を伴わない。また、ロービング繊維に撚りを加えながら引抜くことで、繊維の毛羽立ちを抑えと同時に高い収束性を得ることができる。そのため、高速成形が可能となり、成形速度は秒速1m(3600m/hour)を最終目標としている。材料は、母材に安価で耐アルカリ性に優れるポリプロピレン(PP)、繊維に耐アルカリガラス繊維(Glass Fiber: GF)およびバサルト繊維(Basalt Fiber: BF)を用いる。2018年度は、PP単体のレオロジー物性など基礎データの取得と、GF/PPとBF/PPについて、ロッド径が4mm、繊維体積含有率(Vf)が25%と低Vfで試作を行った。そこで、引抜速度に対する成形性および撚り角度に対する成形性の関係を明らかにした。中心に繊維層、外側に樹脂層の2層構造であり、樹脂層には多くのポイドが存在する。また、引抜速度が早いほど繊維の収束性が良いが糸切れが発生することが判明した。課題として、ポイドの発生機構を解明し、それを基に装置改良や材料改質を行い、ポイドの減少と高Vf化を目指す。FRPストランドロッドの太径化についても検討した。小松マテレー(株)の協力により、撚り線加工による太径化を行った(図2)。

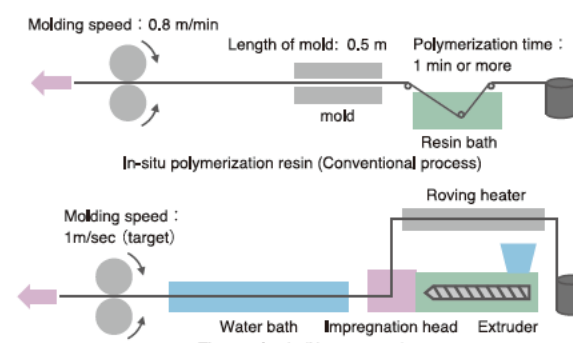
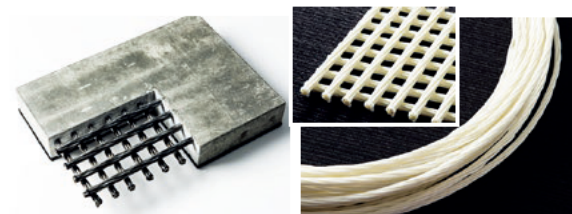


Figure 1. Pultruding model



In order to produce FRP reinforcement bars for concrete by pultrusion, which will be used as substitutes for rebar, we aim to achieve high-speed molding of FRP rod material that does not corrode with a long service life, is light weight and inexpensive, and introduce a pultrusion apparatus (made by Kobe Steel). We promote the formation of FRP strand rod materials. Figure 1 shows the conventional pultrusion process using a thermosetting resin and an in-situ polymerization resin, and the proposed pultrusion model using a thermoplastic resin. In the prior art, a monomer is used as the main agent and considerable amount of time is required for the curing reaction and polymerization reaction; hence, the molding speed is determined by the reaction speed of the resin and the size of the mold, and the molding speed ranges from 3 m/h to 48 m/h.

On the other hand, our method does not involve a reaction because it uses a melt impregnation method in which resin pellets are melted in an extruder and the resin is continuously impregnated into roving fibers. Moreover, by pulling out the roving fibers while applying a twist, it is possible to suppress fuzzing of the fibers and obtain high convergence. Therefore, high-speed molding is possible, and the targeted molding speed is 1 m/s (3600 m/h). The material is polypropylene (PP), which is inexpensive and has excellent alkali resistance as a base material, and alkali resistant glass fiber (Glass Fiber: GF) and basalt fiber (Basalt Fiber: BF) are used as the fibers.

In FY 2018, we acquired basic data such as the rheological properties of PP alone and made prototypes with GF / PP and BF / PP with a rod diameter of 4 mm and a low Vf of 25% in fiber volume content (Vf). Thus, the relationship between formability and drawing speed and the relationship between formability and twist angle were clarified. It has a fiber layer with a two-layer structure at the center and a resin layer at the outside, and many voids exist in the resin layer. It was found that the faster the drawing speed, the better the fiber convergence; however, the occurrence of thread breakage was also observed. The mechanism of void generation is clarified, and based on it, device improvement and material modification are performed to reduce voids and increase Vf. We also investigated the thickening of FRP strand rods. With the cooperation of Komatsu Mater Co., Ltd., we performed warping by strand processing. (Figure 2)

Figure 2. FRP strand rod material and concrete reinforcement model made thick by twisting



## CFRTP接合のプロセス技術研究

### CFRTP bonding process technology

#### CFRTPレーザ溶着プロセスの研究

革新的なCFRTPのレーザ連続溶着システムとして、2ステッププロセスによる厚板材の重ね合わせ接合技術を開発した(図1)。上側材料に貫通穴を形成し、貫通穴を通して下側材料へ直接レーザを照射することにより、接合界面を加熱し溶接する。しかし、一般的なガウスモードのレーザ光を用いると、貫通孔形成時に近傍の樹脂が過剰に加熱され、高い接合強度が得られない。そこで、レーザビームモードをトップハットモードに変換する事で接合界面の熱分布の改善を行った。ビーム中心部のエネルギー集中が無いためガウスモードに比べ高いピークパワーでレーザ光を照射する事ができ、短時間で樹脂の溶融に必要なエネルギーを供給することが可能となった。その結果、板厚5mmのCFRTPの接合では加工時間が3分の1に短縮でき、引張せん断強度22MPa(約40%向上)が得られた。

また、突合わせ部にレーザを照射し、接合界面を伝熱により加熱することで、2mm厚のCFRTPの突合わせ接合が可能であることを確認した(図2)。同様に、両面からレーザ照射することで5mm厚のCFRTPを高い接合強度(引張強度40MPa)で接合することができた。

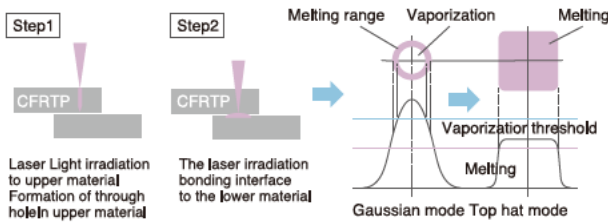


Figure 1. Method of interfacial heating of overlay bonding



Figure 2. Butt bonding of CFRTP by laser irradiation

#### プラズマ接合技術の研究

本接合技術は、プラズマ照射により表面に生成したヒドロキシ基、カルボキシ基を化学結合させることで、溶融や接着剤の使用無しに、CFRP同士を直接接合する技術である(図3 左)。これまでの研究でCFRP同士の接合において溶着と比べて遜色ない強度を得ることができた。また、プラズマ表面改質技術の重要課題であるプラズマ照射効果の長期化にも取り組んでおり、照射条件を最適化することで、プラズマ照射後2か月経過したCFRPにおいても、強固な接合が可能となった(図3 右)。



京元 敬介  
Keisuke Kyomoto

植村 公彦  
Kimihiko Uemura

和田 倫明  
Michiaki Wada

#### Laser welding process for CFRTP bonding

As an innovative laser continuous welding system for CFRTP molding, we developed an overlapping bonding technology for thick plates via a two-steps process (Figure 1). The method heats and welds the bonding interface by forming through holes in the upper material and directly laser irradiating the lower material through the through holes. However, in the case of general Gaussian mode laser, the resin in the vicinity is excessively heated at the time of formation of the through holes, and high bonding strength cannot be obtained. Therefore, the heat distribution at the bonding interface was improved by converting the laser beam mode to the top hat mode. Since there is no energy concentration at the center of the beam, laser can be irradiated at a higher peak power than in the Gaussian mode, and it becomes possible to supply the energy necessary to melt the resin in a short time. As a result, it is possible to irradiate a laser with high peak power as compared to the Gaussian mode and this enables one to supply the energy necessary for welding of the resin over a short time. The processing time was 30 s (33% shorter) and a tensile shear strength of 22 MPa (an approximately 40% improvement) was obtained at a thickness of 5 mm.

Also, we confirmed that butt bonding is possible at thickness of 2mm CFRTP by laser irradiating the butt joint and heating the bonding interface by heat transfer (Figure 2). Similarly, it was possible to bonding a thickness of 5mm CFRTP with high bonding strength (the tensile strength was 40 MPa) by laser irradiation from both sides.

#### Research on plasma bonding technology

In this bonding technology, CFRPs can be bonded directly to each other without melting the materials and without using an adhesive, by chemically reacting a hydroxy group and a carboxy group generated on the surface by plasma irradiation (Figure 3, left). In our previous study, it became possible to obtain strength comparable to welding in bonding CFRPs. In addition, we have worked on prolonging the plasma irradiation effect, which is an important problem of plasma surface modification technology. As a result, with optimizing the irradiation conditions, we could obtain strong bonding even of CFRP that has passed for 2 months after plasma irradiation (Figure 3, right).

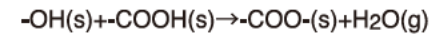
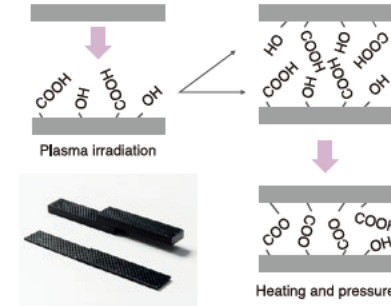


Figure 3. Bonding mechanism and prolonging of plasma effect

#### 超音波溶着による接合プロセス研究

超音波溶着によるCFRTPのラップシアー継手において、一般に接合強度は加振ホーンによる接合面への加圧力に伴って増加するが、接合界面の昇温速度が速すぎて加振時間によるプロセス管理が難しい。また同一のプロセス条件でも接合面の表面粗度や平面度の影響で摩擦熱の発生が大きく異なるため供試体間のバラツキが大きい。

そこで、加圧力と加振時間、界面溶融状態及び接合強度の関係を評価し、溶融工程と冷却両工程の加圧力を個別に制御することで、高い接合強度とバラツキの低減を両立する事が出来た。

図4は溶着プロセス中の接合界面の温度変化を示している。高い加圧力では、接合界面内5点の昇温速度が大きく異なり、樹脂劣化温度を超える場所も存在することがわかる。加圧力を低減すると、接合界面全体に均一な加熱溶融は見られるもの、接合力は大きく低下してしまった(図5)。しかし、溶融工程後の冷却工程にて高い加圧力を与えることで、より安定した高い接合力を得ることが出来た(図6)。

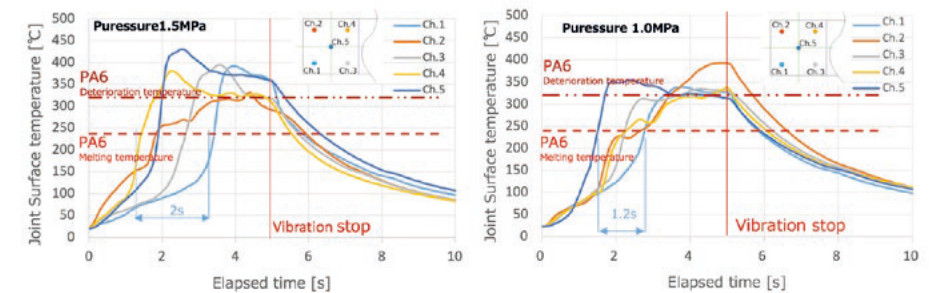


Figure 4. Influence of pressure suppression on interface temperature

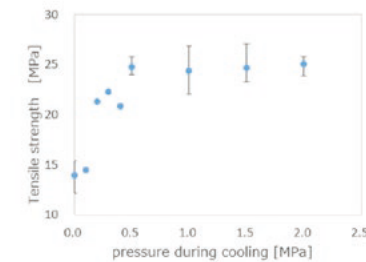
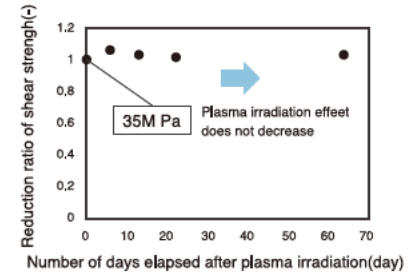


Figure 5. Influence of pressure on welding strength



Figure 6. Influence of pressure on welding strength during cooling process



#### Jointing process research by ultrasonic welding

In CFRTP lap shear joints by ultrasonic welding, generally the joint strength increases with the pressure applied to the joint surface by the vibrating horn. However, the temperature rising speed of the jointing interface is too fast, and it is difficult to control the process by the vibration time. In addition, even under the same process conditions, the generation of frictional heat is largely different due to the influence of the surface roughness and the flatness of the bonding surface, so that the variation among the specimens is large.

So, by evaluating the relationship between pressure and vibration time, interface melting state and welding strength, and controlling the pressure between melting process and cooling process separately, it was possible to achieve both high welding strength and reduced variation.

Figure 4 shows the temperature change of the bonding interface during the welding process. It can be seen that, at high pressure, the temperature rising rate at five points in the jointing interface is largely different, and there are places where the resin deterioration temperature is exceeded. As the pressure decreases, uniform heating and melting can be seen throughout the jointing interface, but the welding strength is significantly reduced (Figure 5).

And so, by applying a high pressing force in the cooling process after the melting process, a more stable high welding strength could be obtained (Figure 6).



## AIを用いたCFRPのプレス成形条件の最適化

Optimization of press forming conditions of CFRP using AI



白井 武広  
Takahiro Shirai

上田 久偉  
Hisai Ueda

CFRPプレス成形条件最適化検討の手法として、データサイエンス技術を用いた研究を行っている。その方法は、プレス成形時の金型に搭載した各種センサ情報をもとに、成形工程中の条件の制御と品質推定を行う人工知能AIを構築して最適化を図る。本研究では、各種センサの解析方法に機械学習の方法であるニューラルネットワーク(以下NN)の適用性について検証を行った。NNとは、人間の脳神経を模倣した学習・判定モデルであり、学習データによって重み付け係数を最適化して、新たなデータに対して判定を行う人工知能を構築する手法である。図1に本研究で設計したNN概略図を示す。学習に用いた項目は、プレス成形条件のCFRP予備加熱温度、プレス荷重、金型温度と成形品の品質判定を検証するための曲げ試験強度である。その結果、いずれの項目においても概ね良好な学習と判定の傾向を得た。従って、金型センサデータを高度なデジタル解析技術で行えば、プレス成形条件や成形品機械特性を判定するAI構築に有効である。

また、樹脂の物性におけるプレス成形条件の最適化検討として、熱可塑性樹脂の結晶性とプレス成形品の機械特性の関係性について解析を行った。結晶性樹脂の場合、冷却工程で結晶化が生じ、成形時の冷却速度や冷却時間などの成形条件によって結晶化度が異なり、機械的および熱的特性に影響を及ぼすことは既知である。本研究では、スタンピングプレス成形成形時の冷却速度の異なるプレス成形から、CF/PA6成形品の結晶化度と曲げ物性の関係を評価した。その結果(図2)冷却速度を遅く成形したCF/PA6は結晶化度が高く、機械物性が高くなることが明らかとなった。

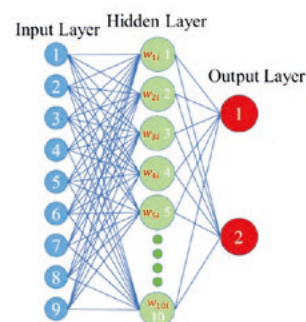


Figure 1. Schematic of NN designed in this study

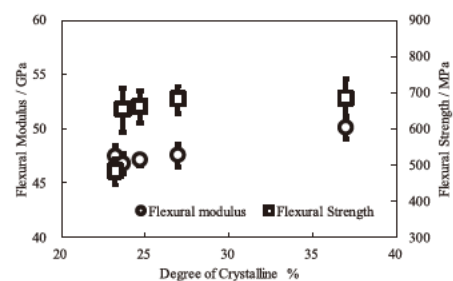


Figure 2. Result of flexural modulus and flexural strength versus degree of crystalline for various CF/PA6

We studied the applicability of data science technology to the optimization method of CFRP press-forming conditions. In the conventional method, trial production and evaluation were repeated to optimize manufacturing conditions. However, the characteristics of the molded product can change under certain manufacturing conditions, which can cause problems. The research method involved the building of artificial intelligence from the installed sensor, using press-mold information at the time of molding. It aims to perform manufacturing condition control and quality estimation during the molding process. We examine the applicability of neural networks (hereinafter referred to as NN), a machine learning method, to the method of analyzing data from the installed sensors in a press mold. NN is a learning and decision model that simulates human cranial nerves, and is a method of constructing artificial intelligence that makes decisions on new data by optimizing weighting coefficients using learning data. Figure 1 shows the NN schematic designed in this study. The items used for learning included the CFRTMP preheating temperature of the press-forming conditions, press load, mold temperature, and bending test strength to verify the molded product quality determination. As a result, we were able to achieve good learning and judgment for almost all items. It was determined that mold sensor data are effective for constructing artificial intelligence by determining the press-molding conditions and the mechanical properties of the molded articles, using advanced analysis technology. The optimization of press-molding conditions was analyzed for the relationship between the crystallinity of the thermoplastic resin and the mechanical properties of the press-molded article. Resin is crystallized in the cooling process at the time of press molding; the degree of crystallization depends on the cooling rate, cooling time, and molding conditions such as annealing, affecting its mechanical and thermal characteristics. In this study, the relationship between the crystallinity degree of CF/PA6, manufactured by changing the cooling rate at the time of stamping press molding and the bending property, was evaluated. Figure 2 shows the results of the degree of crystallization, flexural strength, and modulus of elasticity of the press molded sample. It was found that CF/PA6, molded at a low cooling rate, had a high degree of crystallinity and improved mechanical properties.

## X線CTを用いたCFRPの非破壊検査

Nondestructive inspection of CFRP using X-ray CT



白井 武広  
Takahiro Shirai

本研究の結果の一例として、ランダムシートのプレス成形品の解析例を示す。ランダムシートのプレス成形では、樹脂および炭素繊維をプレス金型内で流動させて所望の部品形状へ加工するため、プレス成形前の材料状態から炭素繊維配向は変化し、その変化に伴い成形部品の機械特性も変化する。この変化の傾向を確認するために、本例では平型金型を用いたスタンピングプレス成形によって、プレス成形時の荷重を8MPa~24MPaの範囲で成形実験を行い、プレス成形後の成形品についてX線CT撮影および引張試験を行った。図1に繊維配向解析結果画像、図2に面外方向の繊維配向角度ヒストグラムの結果、図3に各プレス荷重に対する引張強度の結果を示す。図1の繊維配向結果は、カラーマップで面外方向(z軸)の配向角度( $\theta$ )を示し、赤色は面内配向角度90度を示す。図2の面外方向の繊維配向分布結果は、プレス荷重が増大するにつれて面外方向の角度分布が増大している。この結果は、プレス荷重と繊維配向変化の傾向を良く表している。そして、図3の引張強度結果は、図2の繊維分布が大きいほど引張強度の値が小さくなっており、両結果よりランダムシートの繊維配向分布の変化と引張強度との間には関係があり、繊維配向が成形品の品質に大きく影響することがわかった。

本研究の繊維配向の解析技術は、CFRP成形品の設計、製造条件や機械特性の検証には不可欠であるため、今後は構造解析シミュレーション等と連携することで高度な構造解析技術の開発を進める計画である。

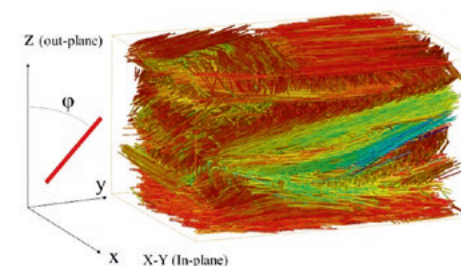


Figure 1. Image of the result of fiber orientation analysis

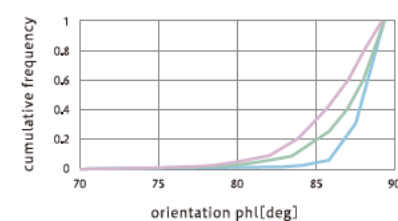


Figure 2. Result of fiber orientation angle histogram in the out-of-plane direction

This study analyzes press-formed products of a random sheet. In random sheet press molding, resin and carbon fibers flow into a press mold and are processed into the desired part shape; the carbon fiber orientation and material state changes before press molding, and the molded part changes in shape due to mechanical property changes. In order to confirm the tendency of this change, a molding experiment was performed with a range of 8 MPa to 24 MPa as a press molding load by stamping using a flat mold. After press molding, the molded articles were subjected to X-ray CT imaging and a tensile test. Fig. 1 shows the result of a fiber orientation analysis, Fig. 2 shows the result of a fiber orientation angle histogram in the out-of-plane direction, and Fig. 3 shows the result of tensile strength against each press load. The fiber orientation results of Fig. 1 indicates the orientation angle ( $\theta$ ) in the out-of-plane direction (z-axis) in the color map; red indicates the in-plane orientation angle of 90 degrees. The fiber orientation distribution results in the out-of-plane direction in Fig. 2, which shows that the angular distribution in the out-of-plane direction increases as the press load increases. This result is a good representation of the tendency of press load and fiber orientation to change. The tensile strength results in Fig. 3, which shows that the larger the fiber distribution in Fig. 2, the smaller the value of tensile strength. For both results, there is a relationship between the change in fiber orientation distribution in the random sheet and tensile strength. It was found that fiber orientation greatly affects the quality of molded articles. Because the analysis technology of fiber orientation in this research is essential for the design of CFRP molded products and the verification of manufacturing conditions and mechanical properties, we will promote the development of advanced structural analysis technology using structural analysis simulation.

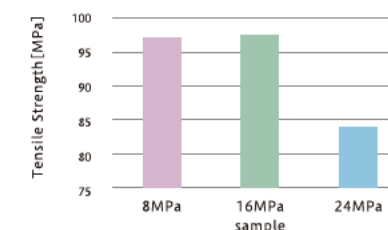


Figure 3. Result of tensile strength against each press load



## ドライ繊維含浸性計測に関する研究

Research on dry fiber impregnation measurement



松本 大輝  
Akiaki Matsumoto

漆山 雄太  
Yuta Urushiyama

繊維強化樹脂は適用拡大に伴って、実用化された成形技術も多々見られる。FRPは成形過程が力学物性に与える影響が大きいことは既知であり、樹脂の流動工程はその要因の一つである。特に、ドライ繊維基材を概成形してから樹脂を含浸するVa-RTM、HP-RTM、Gap-RTM、Liquid Molding、Spray-up Molding、などは、初期検討段階での成形性検証と、強度と製造影響も含めた、総合的な設計技術が求められる。また、それを支える技術として知見の積み上げの重要性が認識されている。本研究会では多くの浸透性計測を実施分析することで、実際成形せずに、含浸性に関する総合的な知見を得ることを目的とした。成果として、ダルシー則で与えられるパーミアビリティ係数の定義を基に、係数の動的拡張を試みる。測定は繊維基材の異なるCFやGFを含めた4種類で実験を行った。実験方法はEASYPERM(図1)、加圧注入機(図2)を用いて水平面拡散フロー、平行フロー、垂直方向フローの0.01~10MPaまでの圧力範囲で計測を実施した。図3には繊維基材の影響による動的な圧力変化について実験結果を示した。

FRPはマルチスケールでの技術で構成されており、成形品をマクロとすれば、メゾスケールでは様々な積層手法も提案されており、さらにミクロレベルではフィラメントレベルでの含浸性能向上に向けた取り組みがある。また、流速、圧力で範囲の拡大していく方向性であること。さらに、強度、剛性面の製造影響を設計時に把握し、管理する方法論など、工業製品としての成熟に向けてのニーズは多く、今後も研究を継続する計画である。



Figure 1. EASYPERM

Figure 2. Pressurized injection machine

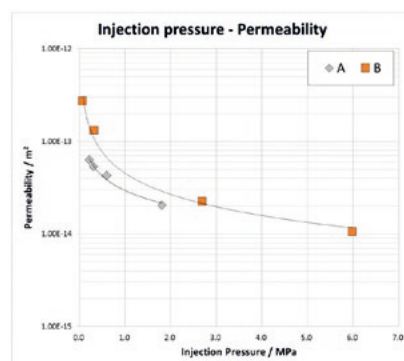


Figure 3. Dynamic pressure changes due to the influence of the fiber substrate

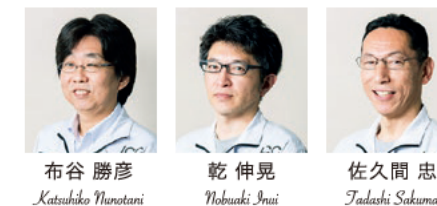
As the application of fiber-reinforced resin (FRP) has expanded, many molding techniques have been commercialized. FRP has a considerable influence on the mechanical properties of the molding process, and resin flow process is one of the factors. In particular, vacuum-assisted resin transfer molding (RTM), high-pressure RTM, gap RTM, liquid molding, and spray-up molding, in which a dry-fiber base material is preformed and then impregnated with resin, are required for comprehensive design techniques at the initial design stage.

The comprehensive design issues are molding, considering strength, and, cupping effects of mechanical performance and manufacturing process. Moreover, the importance of accumulating knowledge is recognized for a technology to consider these effects. This study aims to obtain comprehensive information on impregnation, without actually forming, by performing and analyzing permeability measurements. As a results of the textile measurements, Darcy's Law was extended. Purpose of this trial is expressing for dynamic pressure dependency of the permeability. This measurements were conducted with four types of fiber base material, including carbon fiber and glass fiber. In the experiment, measurements were carried out in the pressure range of 0.01 to 10 MPa, concentrically spread or parallel flow for horizontal plane flows, and also the vertical ones were applied. EASYPERM (Figure.1) and the special machine which is designed by ICC (Figure.2) was used for this measurements. Figure.3 shows qualitative data which were results of pressure dependency permeability for fiber textiles.

FRP is composed of multiscale technology, and if mold design define as macro, various lamination design are applicable in meso, and effort of improvement the impregnation performance at the filament is micro. In addition, there are many requirements for its maturity as industrial products, such as the directionality of expanding the range by flow velocity and pressure as well as the methodology for determining and controlling the manufacturing influence of strength and rigidity at the time of design. Further research on this will be conducted in the future.

## ICCにおけるHP-RTMの適用開発に向けた取り組み

Approach to application development using high-pressure resin transfer molding process by the Innovative Composites Center



布谷 勝彦  
Katsuhiko Munotani

乾 伸晃  
Nobuaki Inui

佐久間 忠  
Tadashi Sakuma

HP-RTMおよびその応用プロセスは、欧州を中心として自動車部品のコンポジット成形に適用が進められている。今後数十年間、HP-RTMを基本とした成形技術は、量産コンポジット部品の製造に適用され、それらは大きなカテゴリーを成す可能性が高い。しかし、日本国内の公的研究機関や大学等において、HP-RTM成形装置が運用されている実績はなかった。ICCは、2016年からKraussMaffei社製HP-RTM成形システム(型締能力6000kN、テーブルサイズW3000×D2000mm)をはじめとし、Wet Molding用多軸ロボット、樹脂流動シミュレーション(ESI PAM-RTM)、パーミアビリティ測定装置(EASYPERM)などを導入し、HP-RTMプロセスの実用的な研究開発環境を整備してきた。これらの環境を利用したHP-RTMワークショップやセミナーの開催、共同研究などを通じて、国内企業に対してHP-RTMの適用を推進している。また、国内外の金型やマトリクス樹脂、繊維基材の各メーカ、および成形メーカとのネットワークをICC内に構築していることは、大きな成果である。

HP-RTMは、繊維基材プリフォームに液状の熱硬化樹脂を流動させ、含浸、複合化、硬化を一連して型内で行うプロセスである。よって、プリフォーム中の樹脂流動現象を解明することが重要となる。

- 1) 圧力センサを実装した金型を用いた実成形でのフローフロント検出による流動解析、
- 2) コンピュータシミュレーションを用いた流動解析、
- 3) 繊維基材のパーミアビリティ(含浸係数)計測および含浸特性の把握などのアプローチにより、繊維基材中の樹脂流動/含浸メカニズムの解明を目的に研究を実施している。

また、企業と連携し、日本の得意な技術分野を特徴としたHP-RTMの適用開発および応用プロセスの開発を進める。



Figure 1. The HP-RTM system

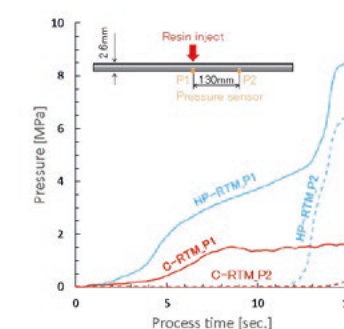


Figure 2. The comparison of moulding pressure between HP-RTM and C-RTM

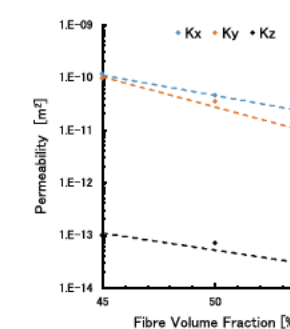


Figure 3. The relation of fiber volume fraction and permeability



## 土木・建築用途に向けた大型パネルの開発

Development of large panels for civil constructions



## 大型サンドイッチパネルの連続成形

歩道橋等の床版、建築・土木分野の壁や床パネル、風力推進船の大型硬翼帆パネルなどの構造物を対象とした低コスト製造方法に関して、サンドイッチパネルの連続成形技術に適切な材料の選定、製造装置の構成コンセプトを検討した。今後の開発において、1m幅、長さ20m級サンドイッチパネルの成形速度30m/hを達成し、パッチ製造と比較しコスト30%ダウン、生産性20倍以上向上を目指す。

## ・材料の選定

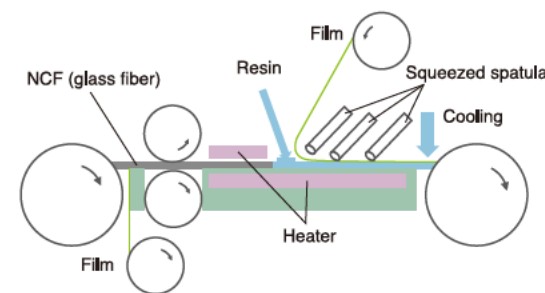
繊維基材はガラス繊維のNon-Crimp Fabric (NCF)、マトリックス樹脂は含浸成形時に低粘度となる現場重合型の熱可塑エポキシ樹脂、コア材はポリ乳酸発泡コアを採用する。

## ・連続成形技術コンセプト

サンドイッチパネルの連続成形は、成形プロセス・装置のコンセプト(図1)および課題の検討が完了した。樹脂含浸装置はNCFを樹脂槽に浸漬する方式ではなく、樹脂の低粘度特性を生かし、ライン状にNCF基材に樹脂を連続含浸させる方式とし、サンドイッチパネルの連続成形装置は樹脂の重合のための加熱、形状保持のための冷却機構及び圧力制御機構を有したダブルベルトプレス方式とした。

COIプロジェクトでは、歩道橋等の床版をターゲットとし、構造材料としての耐熱温度を考慮した高いT<sub>g</sub>熱可塑エポキシ樹脂を適用する装置の開発を加速する。

## Concept of continuous resin impregnation device



## Concept of sandwich panel continuous forming device using double belt system

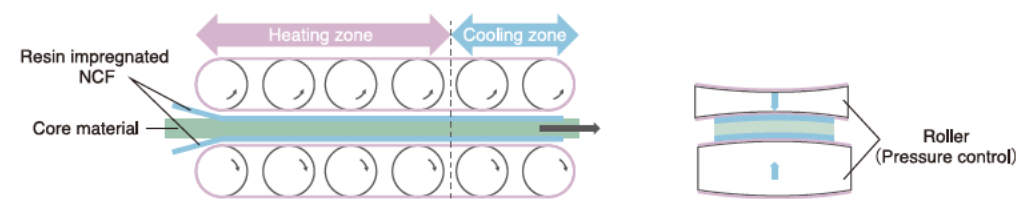


Figure 1. Concept of continuous forming of sandwich panel

## Continuous molding process of large sandwich panels

Materials selection and concept for continuous forming of sandwich panels were studied for low-cost manufacturing of structures used in —a) civil engineering and constructions such as floor slabs for footbridges and wall and floor panels and b) sizeable hard wing sail panels of wind propulsion vessels, etc. Further, we plan to achieve a forming speed of 30 m/h for 1 m wide and 20 m long sandwich panels in the future. The goal is to reduce the cost by 30% and increase productivity to 20 times or more as compared to batch manufacturing.

## ・Materials selection

In our study, a) the fiber substrate is glass fiber non-crimp fabric (NCF), b) the matrix resin is a thermoplastic epoxy resin developed by using in situ polymerization, which has low viscosity when impregnated with resin, and c) the core material is a polylactic acid foam.

## ・Concept of continuous forming technology

We studied the concept and issues with the forming process and equipment used for the continuous forming of sandwich panels. Fig. 1 shows the outline of the concept of continuous forming equipment. The resin impregnating equipment does not dip the glass fiber substrate (NCF) into a resin bath, but it continuously impregnates a resin into the NCF material in the shape of a line by utilizing the low viscosity characteristics of the resin. The continuous forming equipment of the sandwich panel is a double belt system having —a) a heating mechanism for polymerizing the resin, b) a cooling mechanism for the shape retention, and c) a pressure control mechanism.

In the COI project, we plan to accelerate the development of equipment that uses high glass transition temperature (T<sub>g</sub>) thermoplastic epoxy resin while considering the heat resistance temperatures of the structural materials for the target floor slabs (for example, for footbridges).

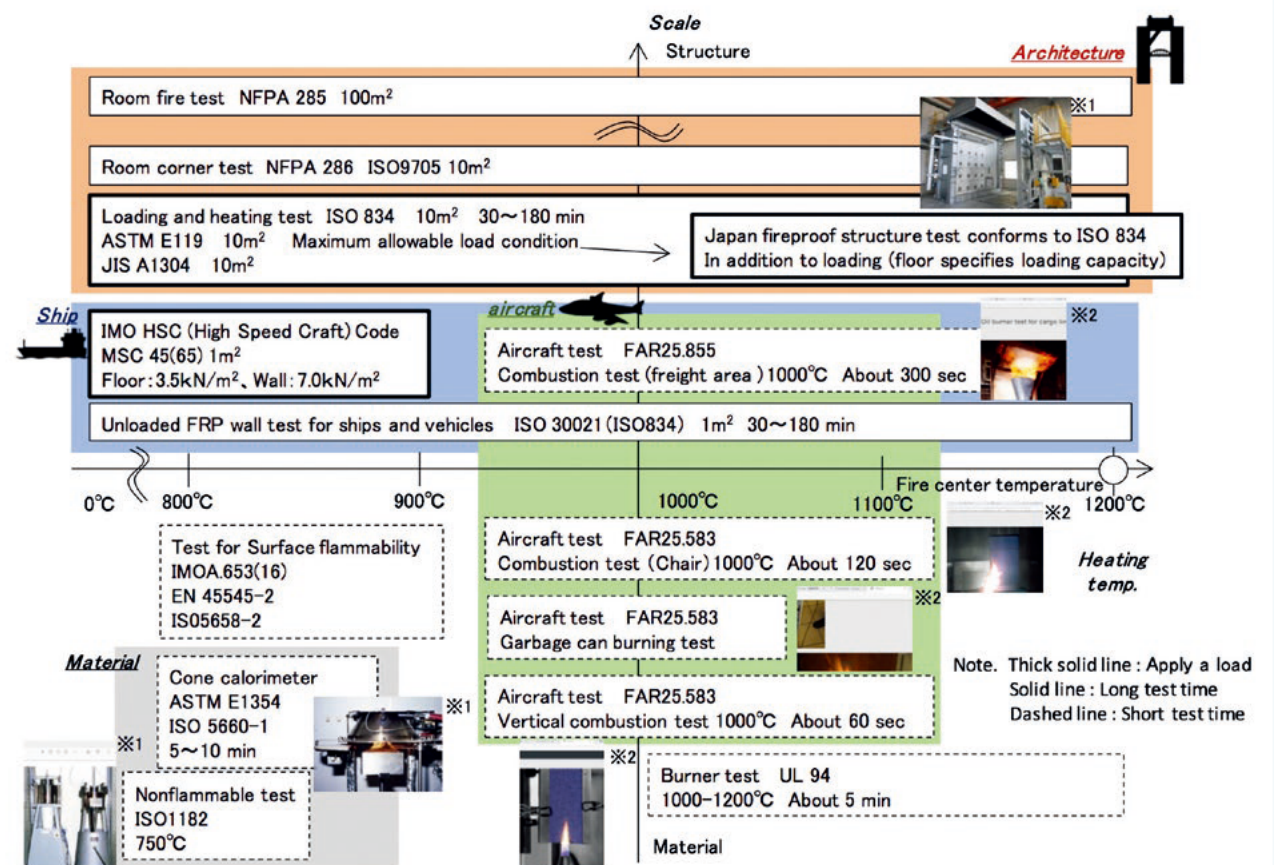
## 建築分野へのコンポジット適応

日本の社寺仏閣は竹、藁で土を補強した土塗り壁を用いるなどして、古代からコンポジットを適応してきた歴史がある。しかし、現代の建築分野のコンポジット適応は他分野に比べて遅れている。その要因の一つに耐火性能があることから、建築用コンポジット部材の耐火性能向上手法に関する研究は喫緊の課題である。

ICCでは、国内基準の耐火性能を満足する建築用コンポジット部材の研究・開発に取り組んでおり、本年度は、耐火性能に関する動向調査および耐火性能を評価するための耐火試験方法の整理(下図)を実施した。その結果、5分程度のバーナー試験から1時間を超える火災を模した試験まで、その試験方法、評価項目は多様であることを確認した。なかでも建築分野における耐火性能は、実験規模(Scale)の上部に位置し、試験温度(Heating temp.)は広範囲に渡っている。また、試験時間についても比較的長時間となることから、遮炎による耐火性能の付与よりも、遮熱による耐火性能の付与が重要であることが調査により明らかとなった。それらを踏まえて、遮熱材を複合化したFRPサンドイッチパネルの研究・開発に取り組んでいる。

## Composite adaptation by building sector

The architectural field has a long history of composite adaptation. Since ancient times, large-scale structures have been constructed, e.g., temples having earth-painted walls in Japan. However, in the field of modern architectures (mainly plastic based architectures), the composite adaptation is lagging as compared to the other fields. Although many factors contribute to that, fire resistance is a noteworthy one. In that context, researchers at Innovative Composite Center (ICC) are currently developing fiber reinforced plastics (FRP)-based sandwich panels that meet the domestic standards for the fire resistance. In the construction field, the sizes of the targeted structures and the ranges of heating temperature are large. Therefore, stringent criteria have been specified for flame shielding and heat shielding. In addition, it is clear from the investigation that owing to long test time, it is crucial to use the heat shielding for fire resistance.



※1 一般財団法人 日本建築総合試験所：耐火・防火試験，事業案内パンフレット，2016.9  
 ※2 Klaus Tibi：Flammability how and why，Information and Discussion Event 2016，2016.9



## 実機による成形加工技術

Molding processing technology using actual machine

### 取り組み

研究者が成形設備・実験設備を使用する際にオペレーションをサポートしている。ICCの技師は成形・加工機のオペレーションにおいて高い専門性が必要とされている。委託を受け、研究者の負担を軽減する。

#### ●成形加工および成形・加工機について

さまざまな技術を有するICC技師によって下記に示す成形方法に対応し、それぞれの特長を生かしながら最適な成形加工の作業に取り組んでいる。以下に各成形技術の紹介を行う。

◆VaRTM：基材をセットし、バキュームバッグで減圧状態にする。その状態で樹脂を流し込み基材に含浸させる。さらに注入樹脂を加圧および減圧して樹脂の注入量をコントロール可能である。樹脂が充填されバッグ内減圧が下がることに対応する技術がある。

◆HP-RTM：高圧プレス（6～600ton）、高温（100℃）の金型の内に樹脂温度（80℃）・高圧（衝突圧13MPa）で注入し、約5分で硬化が可能で、成形サイクルタイム10分以内に完了する。母材はエポキシ樹脂、ウレタン樹脂を注入するまで型内を減圧状態にする。また、成形初めにわずかなギャップを設け（0.5mm程度）、樹脂を注入する成形方法も可能である。複雑な単板形状や、サンドイッチ形状の金型にも取り組んでいる。

#### ◆ウォータージェット切断機

2次元CADデータからFRP製品、金属、木、ゴムおよびプラスチック板などを自動裁断する。サイズは1000mm（横）×700mm（縦）とし、CFRTPの場合、厚み50mmまで加工可能である。ダイヤモンドカッターの加工より精度良く簡単にできる。



Figure 1. Cutting of CFRP using water jet cutting machine

Operations conducted by researchers using molding and laboratory equipment are supported by ICC engineers, who have great expertise in molding machine operation. These engineers receive a commission to reduce the burden on researchers.

#### ●Different molding and processing machines

ICC engineers, using various technologies corresponding to different molding methods, are working on the optimization of molding by taking advantage of the respective features of the different molding processes. Each molding technology is introduced below.

◆VaRTM : The substrate is set and depressurized with a vacuum bag. In that state, the resin is poured to impregnate the substrate. Furthermore, the injection amount of the resin can be controlled via the pressurization and depressurization of the injection resin. There is a technique that corresponds to the resin filling and reduction of the pressure in the bag.

◆HP-RTM : For a high-pressure press (6 to 600 ton), injected at high temperature (100 °C) into a mold at a resin temperature of 80 °C and high pressure (collision pressure: 13 MPa), curing is possible in approximately 5 min. Molding is completed within 10 min of the cycle time. The inside of the mold is decompressed until the base material is injected with epoxy resin and urethane resin. In addition, it is possible to form a slight gap (approximately 0.5 mm) at the beginning of the molding and inject a resin. We are also working on complex single-plate and sandwich-shaped molds.

#### ◆Water jet cutting machine

FRP products, such as metal, wood, rubber, and plastic plates, are automatically cut, using 2D CAD data. The size is 1000 mm (horizontal) × 700 mm (long), and, in the case of CFRTP, it can be processed to a thickness of 50 mm. It is more accurate and easier to perform than diamond-cutter processing.



乾 伸晃  
Nobuaki Inui

佐久間 忠  
Tadashi Sakuma

堀 正芳  
Masayoshi Mori

埜口 史郎  
Shiro Noguchi

松本 大輝  
Airoki Matsumoto

橋本 かおる  
Kaoru Hashimoto

#### ◆ICC技師による研究者のフォローアップ

研究者や企業の共同研究者ともの造りするにあたって、これまでの経験を駆使し、研究目的の遂行のために一緒になって相談・協力を行っている。HP-RTM、旋盤、フライス盤、ウォータージェットなどの成形・加工機においては作業効率につながるオペレーションを担当し、成形加工を行う。成形品から試験片を加工し、時には材料試験の補助も兼ねる。その成果として、COIでは成形品質および機械特性を向上させる補助を行い図1の様な成形物を得た。

#### ★NCVプロジェクトについて

環境省のプロジェクトとして、NCVでは、C-RTMの平板金型でサンプル成形を行った。また、大型部材である自動車用ボンネット成形を可能とし、さらなる成形の可能性を望める。

#### ★ICC講習会

・石川県次世代産業育成講座／新技術セミナー

ICCの現場講習会として、VaRTM講習会を行った。CFおよびGFなどのメディア有無で樹脂の含浸速度が変化することを参加者に見学してもらった。

（担当：鵜澤、布谷、佐久間、乾、松本）

・SAMPE Japan 学生複合材料成形セミナー

大学生および大学院生を対象に、CFRP構造物の作製に必要な材料および副資材の取り扱い方法や成形方法の習得を目標とした。本セミナーでは、ハンドレイアップおよびVaRTM成形によって平板金型の成形実習を行った。

（担当：金崎、乾、佐久間）



Figure 2. Ishikawa prefecture next-generation industry upbringing lecture/ New technology seminar

#### ◆Follow-up on research by ICC engineers

Utilizing the experience gained so far, we support research by consulting and cooperating with researchers and collaborators of companies. In molding machines, such as HP-RTM, lathes, milling machines, and water jets, improvements in terms of work efficiency and the molding process are carried out. The processing of the test piece from molded parts as well as some auxiliary work for material testing is performed. As a result, COI assists in improving molding quality and mechanical properties, and the molding of Figure 1 was obtained.

#### ★NCV Project

As a project of the Ministry of the Environment, NCV performed sample molding with a C-RTM flat plate mold. Moreover, it is possible to form an automotive bonnet, which is a large-sized member, and the possibility of further formation can be expected.

#### ★ICC workshop

・Ishikawa prefecture next-generation industry upbringing lecture/ New technology seminar

A VaRTM training session was conducted as an ICC on-site training session. The participants were asked to observe whether the impregnation speed of resin changes with the presence or absence of media such as CF and GF. (In charge: Uzawa, Nunotani, Sakuma, Inui, Matsumoto)

・SAMPE Japan Student Composite Material Forming Seminar

The goal was to learn how to handle and form materials needed to make CFRP structures for university students and graduate students. In this seminar, the practice of forming flat-plate molds was conducted by hand lay-up and VaRTM. (In charge: Kanesaki, Inui, Sakuma)



平成 30（2018）年度：Achievemnt in FY 2018

著 書

1. 附木 貴行、西田 治男、“ポリ乳酸による海洋生物の付着制御”、プラスチックリサイクル化学研究会ニュースレター、Vol. 32, pp. 2-6, Dec., 2018.
2. 鵜澤 潔、“複合材料成形技術の最前線 2. 適応拡大期における成形特性と製造プロセスの適合化への取り組み”、材料、Vol. 67, No.7, pp. 754-759, Jul. 15, 2018

論 文

1. 鵜澤 潔、“COI事業における炭素繊維複合材料の開発と可能性”、土木学会誌、Vol. 103, No. 5, pp. 20-21, 2018.
2. Hiroki Sakai, Kosuke Kuroda, Takayuki Tsukegi, Tomoki Ogoshi, Kazuaki Ninomiya & Kenji Takahashi, “Butylated lignin as a compatibilizing agent for polypropylene-based carbon fiber-reinforced plastics”, Polymer Journal, Vol. 50, pp. 997-1002, Jun. 6, 2018.
3. Mohd Nor Faiz Norrrahim, Hidayah Ariffin, Tengku Arisyah Tengku Yasim-Anuar, Haruo Nishida, Takayuki Tsukegi, Materials Science and Engineering, Vol. 368, No. 012034, Jun. 13, 2018.
4. Takatsugu Endo, Shunsuke Fujii, Ei Mon Aung, Kosuke Kuroda, Takayuki Tsukegi, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Cellulose Structural Change in Various Biomass Species Pretreated by Ionic Liquid at Different Biomass Loadings”, Bior esouces, Vol. 13, No 3, pp. 6663-6677, Jul. 17, 2018.
5. László Szabó, Sari Imanishi, Naohiro Kawashima, Rina Hoshino, Kenji Takada, Daisuke Hirose, Takayuki Tsukegi, Kazuaki Ninomiya, and Kenji Takahashi, “Carbon fibre reinforced cellulose-based polymers: intensifying interfacial adhesion between the fibre and the matrix”, RCS Advances, Issue 40, pp. 22729-22736, Jun. 20, 2018
6. Takatoshi UEDA, Takumi MATSUMOTO, Manato KANESAKI, Hiroshi SAITO, Kiyoshi UZAWA, Isao KIMPARA, “Effects of Repair Temperature and Duration in Thermal Fusion Bonding on Interlaminar Shear Strength of Delaminated CF/PA6 Laminaes”, Advanced Experimental Mechanics, Vol. 3, pp. 147-151, Aug. 10, 2018.
7. László Szabó, Sari Imanishi, Naohiro Kawashima, Rina Hoshino, Daisuke Hirose, Takayuki Tsukegi, Kazuaki Ninomiya, and Kenji Takahashi, “Interphase Engineering of a Cellulose-Based Carbon Fiber Reinforced Composite Applying Click Chemistry”, Chemistry Open, Vol. 7, Issue 9, pp. 720-729, Sep. 24, 2018
8. R. Sakuma, K. Sawada, K. Nakashima, T. Tsukegi, S. Osawa, O. Yoshimura, “Development of Environmental - Friendly Biodegradable Polymers with Antibacterial Properties”, Transactions of the Materials Research Society of Japan, Vol. 44, Issue 1, pp. 13-16, Feb. 1, 2019.
9. 森田弥寿史、附木貴行、西田治男、菅澤貢、吉廻秀久、繁田政治、“タケ組織中のカリウムの蓄積と分布状況の解析”、森林バイオマス利用学会誌、Vol. 13, No. 2, pp. 41-46, 2018.
10. László Szabó, Sari Imanishi, Fujie Tesuo, Daisuke Hirose, Hisai Ueda, Takayuki Tsukegi, Kazuaki Ninomiya and Kenji Takahashi, “Lignin as a Functional Green Coating on Carbon Fiber Surface to Improve Interfacial Adhesion in Carbon Fiber Reinforced Polymers”, Materials, Vol. 12, No. 159, Jan. 6, 2019.
11. Tengku Arisyah TengkuYasim-Anuar, Hidayah Ariffin, Mohd Nor Faiz Norrrahim, Mohd Ali Hassan, Takayuki Tsukegi, Haruo Nishida, “Sustainable one-pot process for the production of cellulose nanofiber and polyethylene / cellulose nanofiber composites”, Journal of Cleaner Production, Vol. 207, pp. 590-599, Jan. 10, 2019.

講 演

1. Kiyoshi Uzawa, Hirofumi Nishida, Katsuhiko Nunotani, “Innovative synthesis of polymerization and molding for high applicability by thermoplastic epoxy resin”, Composite Materials Congress 2018, Stockholm, Sweden, Jun. 4, 2018.
2. 鵜澤 潔、“2. どのような材料を使いますか？どうやって作るのですか？／5. FRPはこれからどうなりますか？”、平成30年FRP入門講習会、日本大学 理工学部 駿河台キャンパス、千代田区、東京都、Jun. 19, 2019.
3. 鵜澤 潔、“欧米における炭素繊維複合材料の最新技術動向”、石川県次世代産業育成講座・新技術セミナー、石川県工業試験場、金沢市、石川県、Jun. 22, 2018.
4. 西田 裕文、“熱可塑性エポキシを用いたCFRPと異種材料の接着”、プラスチック成形加工学会 第29回年次大会、タワーホール船堀、江戸川区、東京都、Jun. 22, 2018.
5. 鵜澤 潔、“日本の複合材料産業における金工大ICCの取り組み－世界で一人負けからの挑戦：高い素材・機械技術を複合材料の適用拡大に繋ぐために－”、機能性フィルム研究会 2018年7月夏季特別研修、金沢工業大学 革新複合材料研究開発センター、白山市、石川県、Jul. 6, 2018.

平成 30（2018）年度：Achievemnt in FY 2018

6. Kiyoshi Uzawa, “Innovative high-speed, low-cost continuous molding technology for application to civil engineering and construction by custom fit process of polymerization and molding”, Composites Asia 2018 Composites in Construction and Architecture, Engineering Faculty, Chulalongkorn University, Thailand, Jul. 19, 2018.
7. 附木貴行、「バイオマスポリマーのケミカルリサイクル技術について」、プラスチック成形加工学会 第165回講演会、東京工業大学 大岡山キャンパス、目黒区、東京都、Jul. 27, 2018.
8. 布谷 勝彦、「HP-RTMプロセスを用いた成形技術の動向課題」、高機能新素材活用セミナー、金沢国際ホテル、金沢市、石川県、Sep. 21, 2018.
9. Kiyoshi Uzawa, “Continuous manufacturing technology focused on the construction field”, Tech day of KCTECH, Auditorium, Carbon education center, KCTECH, South Korea, Oct. 16, 2018.
10. 鵜澤 潔、“(次世代に向けた)近年の建築土木分野への先端材料の適用とその技術動向”、先端材料技術展2018、東京ビッグサイト、江東区、東京都、Oct. 19, 2018.
11. 植村 公彦、“複合材料における超音波接合技術”、第1回COI学会、大阪大学 中之島センター、大阪市、大阪府、Oct. 26, 2018.
12. 鵜澤 潔、“適用拡大を目指した複合材料成形技術開発の全体的・世界的な情勢について”、日本塑性加工学会プロセス・トライボロジー分科会 第155回研究会、金沢工業大学 革新複合材料研究開発センター、白山市、石川県、Nov. 6, 2018.
13. 布谷 勝彦、「ICCにおける研究開発について」、日本塑性加工学会 プロセス・トライボロジー分科会 第155回研究会、金沢工業大学 革新複合材料研究開発センター、白山市、石川県、Nov. 6, 2018.
14. 斉藤 義弘、鵜澤 潔、“土木・建築分野への複合材料の適用”、第7回FRP複合構造・橋梁に関するシンポジウム、土木学会講堂、新宿区、東京都、Nov. 8, 2018.
15. 布谷 勝彦、「Pam-Formにおけるセパレーションストレスを用いた接触定義が曲げ挙動に与える影響」、PUCA 2018 -ESI Users' Forum Japan、ヒルトン東京、新宿区、東京都、Nov. 16, 2018.
16. 鵜澤 潔、布谷 勝彦、金崎 真人、「先進ドライファイバー成形技術」－航空機レベルの炭素繊維複合材料を目指して－、石川県次世代産業育成講座・新技術セミナー、金沢工業大学 革新複合材料研究開発センター、白山市、石川県、Nov. 28, 2018.
17. 鵜澤 潔、“世界における複合材料の成形方法の開発動向”、日本複合材料セミナー、日本大学 生産工学部 津田沼キャンパス、習志野市、千葉県、Dec. 14, 2018.
18. 布谷 勝彦、「FRPの量産成形技術と海外の研究開発動向」、金沢市産学連携ものづくり技術交流塾 平成30年度「先端ものづくり技術交流セミナー（第3回）」、金沢市異業種研修会館、金沢市、石川県、Jan. 31. 2019.
19. 白井 武広、“FRP成型品の非破壊検査技術の解説と検査事例の紹介”、平成30年度「先端ものづくり技術交流セミナー（第3回）」、金沢市異業種研修会館、金沢市、石川県、Jan. 31. 2019.
20. 鵜澤 潔、“新たなプラスチックの硬化・重合技術による革新的な複合材料の成形プロセスとその実用化の取り組み”、新機能性材料展2019、東京ビッグサイト、江東区、東京都、Feb. 1, 2019.
21. 布谷 勝彦、“革新複合材料研究開発センター研究員の得意分野と取組みの紹介(コンポジットデザインにおけるデジタルツールの活用)”、ほくりく先端複合材料研究会、金沢国際ホテル、金沢市、石川県、Mar. 1, 2019.
22. 白井 武広、“革新複合材料研究開発センター研究員の得意分野と取組みの紹介(プレス成形と非破壊検査)”、ほくりく先端複合材料研究会、金沢国際ホテル、金沢市、石川県、Mar. 1, 2019.

口頭発表(抄)

1. Masayuki Nakada, Yoko Morisawa, Yasushi Miyano and Kiyoshi Uzawa, “Prediction of Statistical Life Time for Unidirectional Carbon Fiber Reinforced Thermoplastics Under Creep Loading”, 18th European Conference on Composite Materials, Athens, Greece, Jun. 27, 2018.
2. Osuke Ishida, Junichi Kitada, Katsuhiko Nunotani and Kiyoshi Uzawa, “IMPREGNATION BEHAVIOR OF CARBON FIBER FABRIC UNDERNEATH THE ROLLERS IN DOUBLE BELT PRESS”, 18th European Conference on Composite Materials, Athens, Greece, Jun. 26, 2018.
3. 上田 久徳、廣瀬 大祐、山下 博、板谷 寛之、高橋 憲司、鵜澤 潔、“セルロース樹脂をマトリクスに用いた複合材料における成形加工性への炭素繊維の添加効果”、第7回高分子学会グリーンケミストリー研究会シンポジウム・第21回プラスチックリサイクル化学研究会 研究討論会 合同発表会、東北大学大学院環境科学研究科 本館 大講義会場、仙台市、宮城県、Jul. 27, 2018.
4. 中田 政之、森澤 洋子、宮野 靖、鵜澤 潔、“熱可塑性樹脂をマトリックスとするCFRTPの引張クリープ寿命の統計的評価”、日本実験力学会2018年度年次講演会、山梨大学 甲府キャンパス、甲府市、山梨県、Aug. 29, 2018.



平成 30（2018）年度：Achievemnt in FY 2018

- 上田 久偉、益山 詠夢、廣瀬 大祐、“大型3DプリンティングによるCFRPベレットを用いた革新的建築壁モジュールの設計開発”、C OI若手連携研究フアンドプレゼンテーション、東京ビックサイト、江東区、東京都、Aug. 31, 2018
- 梅谷 竜生、吉村 治、鶴澤 潔、附木 貴行、“CF/PP系複合材料＋相溶化剤の電子線照射による力学的物性の評価”、第67回高分子討論会、北海道大学 札幌キャンパス、札幌市、北海道、Sep. 12, 2018.
- 吉村 治、佐久間 涼、附木 貴行、“木質系オイルを用いた抗菌特性を有するバイオプラスチックの開発”、第67回高分子討論会、北海道大学 札幌キャンパス、札幌市、北海道、Sep. 12, 2018.
- 千田 咲良、附木 貴行、高橋 憲司、“バイオマス由来のナノ/マイクロファイバーを用いたプラスチック複合材料の高強度化”、第67回高分子討論会、北海道大学 札幌キャンパス、札幌市、北海道、Sep. 12, 2018.
- 黒田 浩介、附木 貴行、仁宮 一章、高橋 憲司、“炭素繊維強化プラスチックへ向けたリグニン由来の相溶化剤の開発”、第67回高分子討論会、北海道大学 札幌キャンパス、札幌市、北海道、Sep. 12, 2018.
- 布谷 勝彦、鶴澤 潔、“FRTPフォーミングシミュレーションに用いる層間剝離応力の推定手法の提案”、第43回複合材料シンポジウム、富山国際会議場 手町フォーラム、富山市、富山県、Sep. 14, 2018.
- 上田 隆利、草間 啓太、金崎 真人、斉藤 博嗣、鶴澤 潔、金原 勲、“冷却速度がCF/PA6積層板における層間はく離修復部のせん断強度に与える影響”、第43回複合材料シンポジウム、富山国際会議場 手町フォーラム、富山市、富山県、Sep. 14, 2018.
- 大西 明日見、清水 一史、長澤 教夫、阪井 康平、吉村 治、附木 貴行、芹澤 啓明、“バイオマス由来高分子を用いたセルトレイ育苗苗培地の固化・成形技術 ―バインダー濃度の検討とハクサイ育苗試験―”、農業環境工学関連5学会2018年合同大会、愛媛大学 樟味キャンパス、松山市、愛媛県、Sep. 12, 2018.
- Hirofumi Nishida, Katsuhiko Nunotani, Kiyoshi Uzawa, “In Situ-polymerizing Thermoplastic Epoxy Resin Widely Applicable to Various Molding Processes for Thermoplastic Composites”, ITHEC 2018, Messe Bremen, Germany, Oct. 30, 2018.
- Manato KANESAKI, Shintaro TANIMOTO, Yusuke KAWAHARA, Taketoshi UEDA, Hiroshi SAITO, Kiyoshi Uzawa, Isao KIMPARA, “Fundamental study on Repair of CFRTP Laminates from One Side Using Thermal Fusion Bonding”, 13th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, 85 Sky Tower Hotel, Taiwan, Oct. 31, 2018.
- Taketoshi UEDA, Shingo OI, Keita KUSABIRAKI, Manato KANESAKI, Hiroshi SAITO, Kiyoshi Uzawa, Isao KIMPARA, “Mechanism of Repairing of Delamination via Thermal Fusion Bonding in CF/PA6 Laminates”, 13th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, 85 Sky Tower Hotel, Taiwan, Oct. 31, 2018.
- 杉俣 悦郎、石田 応輔、附木 貴行、上田 久偉、奥村 航、長谷部 裕之、森 大介、鶴澤 潔、“サイジング剤熱処理がCFRTP複合材料の機械的強度に及ぼす影響”、平成30年度 繊維学会秋季研究発表会、福井大学 文京キャンパス、福井市、福井県、Nov. 1, 2018.
- 山下 博、上田 久偉、附木 貴行、鶴澤 潔、“新規相溶化剤を用いたポリプロピレンと炭素繊維の界面接着性の評価”、第10回日本複合材料会議、日本大学 駿河台キャンパス タワースコラ、千代田区、東京都、Mar. 6, 2019.
- 白井 武広、上田 久偉、鶴澤 潔、“金型内状態モニタリングによる熱可塑性CFRPプレス成形条件最適化の基礎的検討(2)”、第10回日本複合材料会議、日本大学 駿河台キャンパス タワースコラ、千代田区、東京都、Mar. 7, 2019.
- 上田 久偉、白井 武広、鶴澤 潔、“熱可塑性CFRPスタンピングプレス成形における成形条件が結晶化度と曲げ物性に及ぼす影響”、第10回日本複合材料会議、日本大学 駿河台キャンパス タワースコラ、千代田区、東京都、Mar. 7, 2019.
- 石田 応輔、北田 純一、布谷 勝彦、鶴澤 潔、“ダブルベルトプレス成形におけるローラー直下の熱可塑性樹脂の流動含侵メカニズムの検討”、第10回日本複合材料会議、日本大学 駿河台キャンパス タワースコラ、千代田区、東京都、Mar. 7, 2019.
- 附木 貴行、駒谷 直也、吉村 治、山下 博、鶴澤 潔、“CNF/CFをハイブリッド複合材料とした力学物性の評価”、第10回日本複合材料会議、日本大学 駿河台キャンパス タワースコラ、千代田区、東京都、Mar. 8, 2019.
- 稲垣 昌輝、布谷 勝彦、鶴澤 潔、“電気炉を用いた燃焼法によるDFRTPの繊維体積含有率とポイド率の計測法の確立”、第10回日本複合材料会議、日本大学 駿河台キャンパス タワースコラ、千代田区、東京都、Mar. 8, 2019.
- 和田倫明、“金沢工大発『プラズマ接合』技術を用いた革新的接合サービス”、いしかわスタートアップ交流会、東京21cクラブ、千代田区、東京都、Mar. 15, 2019

ポスター発表(抄)

- Yoshiro Yasaka, Rina Hoshino, Osuke Ishida, Jyunichi Kitada, Kiyoshi Uzawa, Kenji Takahashi, “CFRP composites made from thermoplastic resin derived from cellulose: Chemical design targeting enhanced fiber-resin adhesion”, 18th European Conference on Composite Materials, Megaron Athens International Conference Center, Greece, Jun. 24-28, 2018.
- Hirofumi Nishida, Katsuhiko Nunotani, Kiyoshi Uzawa, “In Situ-polymerizing Thermoplastic Epoxy Resin Which Enables Molding Processes Corresponding to Various Forms of Thermoplastic Composites”, 18th European Conference on Composite Materials, Megaron Athens International Conference Center, Greece, Jun. 26, 2018.

平成 30（2018）年度：Achievemnt in FY 2018

- 梅谷 竜生、溝達 寛、大谷 和男、吉村 治、鶴澤 潔、附木 貴行、“炭素繊維の表面改質によるビニルエステル樹脂複合材料の開発”、第7回高分子学会グリーンケミストリー研究会シンポジウム・第21回プラスチックリサイクル化学研究会研究討論会 合同発表会、東北大学大学院環境科学研究科 本館 大講義会場、仙台市、宮城県、Jul. 27, 2018.
- 千田 咲良、遠藤 太佳嗣、附木 貴行、高橋 憲司、“バイオマス由来のナノ・マイクロファイバーを配合した樹脂複合材料の高強度化”、第7回高分子学会グリーンケミストリー研究会シンポジウム・第21回プラスチックリサイクル化学研究会研究討論会 合同発表会、東北大学大学院環境科学研究科 本館 大講義会場、仙台市、宮城県、Jul. 27, 2018.
- 田中 求、遠藤 太佳嗣、附木 貴行、高橋 憲司、“セルロース誘導体を用いた高強度ウッドプラスチック複合材料の開発”、第7回高分子学会グリーンケミストリー研究会シンポジウム・第21回プラスチックリサイクル化学研究会研究討論会 合同発表会、東北大学大学院環境科学研究科 本館 大講義会場、仙台市、宮城県、Jul. 27, 2018.
- 梅谷 竜生、吉村 治、鶴澤 潔、附木 貴行、“CF/PP系複合材料＋相溶化剤の電子線照射による力学的物性の評価”、第67回高分子討論会、北海道大学 札幌キャンパス、札幌市、北海道、Sep. 12, 2018.
- 長谷部 裕之、奥村 航、森 大介、杉俣 悦郎、石田 応輔、附木 貴行、上田 久偉、鶴澤 潔、“炭素繊維の熱処理がCFRTPの機械的性質に及ぼす影響”、成形加工シンポジア’18、グランドホテル浜松、浜松市、静岡県、Nov. 26, 2018.
- Takayuki Tsukegi, Yuji Kageyama, Kiyoshi Uzawa, Tadashi Sakuma, Shiro Noguchi, Yuzo Okudaira, Yukihiro Suzuki, Kiyonori Takeyasu, Ryohei Takayama and Toshio Kon, “Fabrication of engine hood with resin transfer molding (RTM) of CNF composite material”, The 12th SPSJ International Polymer Conference, International Conference Center, Naka-ku, Hiroshima, Dec. 5, 2018.
- Ryui Umetani, Yasuyuki Okumura, Osamu Yoshimura, Kiyoshi Uzawa, Takayuki Tsukegi, “Evaluation of mechanical properties of CF / PP composite material + crosslinking agent by electron beam irradiation”, The 12th SPSJ International Polymer Conference, International Conference Center, Naka-ku, Hiroshima, Dec. 5, 2018.
- 秋田 光恵、吉村 治、佐々木 大輔、高村 厚、附木 貴行、“CF/PP複合材料における新規相溶化剤iPP-PAAの添加効果”、日本化学会 第99春季年会、甲南大学 岡本キャンパス、神戸市、兵庫県、Mar. 16, 2019.
- 鈴木 智也、吉村 治、大西明日見、清水 一史、長澤 教夫、芹沢 啓明、附木 貴行、“バイオマス由来高分子を用いた育苗培土の固化・成形技術に関する研究”、日本化学会第99春季年会、甲南大学 岡本キャンパス、神戸市、兵庫県、Mar. 16, 2019.

特 許

- 北田 純一、坂本 擁、石田 応輔、布谷 勝彦、“ダブルベルトプレス装置および誘導加熱プレスモジュール”、特許6334795、2018.5.11、登録済
- 奥村 康之、附木 貴行、関戸 俊英、鶴澤 潔、“放射線照射により炭素繊維強化樹脂の物性向上”、特願2018-066438
- 附木 貴行、佐々木 大輔、大道 正明、瀬古 典明、鶴澤 潔、“繊維強化ポリプロピレン複合材料の製造方法及び繊維強化ポリプロピレン複合材料”、特願2018-183161
- 鶴澤 潔、山岡 圭一、坂本 昭憲、京元 敬介、“レーザー接合方法及びレーザー接合装置”、特願2019-36767