



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、異業種・異分野の企業及び他大学等の研究機関が広域・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4年目を迎えた。「アンダーワンルーフ」のもと、企業または他大学の研究者が年間に延べ3,000名以上来所した。平成28年度と同等数の研究者がICCを利用し、活発な研究開発活動が続いている。

COI STREAM事業においては、平成29(2017)年度はトータル9年間の中間にあたり折返し時期に入った。サイトビジットを通してJSTからの評価において、企業と共に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されていること、また、社会実装を見据えたアドバイザー企業の拡充など、産学連携体制が充実してきたことが高く評価されている。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課題になっている。

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も国内外で活発に進められ、一部の成果品において商品化され、革新的な材料として世界的な賞を受賞し市場にない新しい材料として日本におけるJIS規格の制定作業に入ったものも出てきた。

また、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に隣接したクローズドエリアの実証開発拠点が竣工した。オープンステージからクローズドな実証ステージへのシームレスな開発環境の提供ができるようになり、来年度より新たな出口戦略の創出が動き出すことになる。

Kanazawa Institute of Technology (KIT) has set up the “Innovative Composite Materials Research and Development Center,” hereinafter referred to as the ICC. Currently in its fourth year, the ICC has established a research and development program as an international innovation base. ICC supports different industries and academic fields and solves issues of research institutes and universities for interdisciplinary studies in Japan and abroad. Through close cooperation “under one roof,” researchers from other companies and universities have participated. More than 3,000 researchers, both during this year and the last, have used ICC in FY2017 and have conducted active research and development activities.

In FY2017, the Center of Innovation (COI) Science and Technology-based Radical Innovation and Entrepreneurship Program (STREAM) project has allowed us to achieve a turning point in the middle of a nine-year period, which culminated in FY2017. During a recent site visit, the Japan Science and Technology Agency (JST) acknowledged that the industry-university collaboration, including the mechanism of enhancing technology with enterprise support, system has been improved. Furthermore, an “under one roof” location was constructed, and companies advising on research for the purpose of social implementation have been expanded. After the COI program implementation period, it was a challenge to lead the ICC's independent operation by obtaining public funds and receiving funds from companies through joint research with companies. However, the aim has been ICC self-reliance.

Outreach activities, leading to the announcement of research results and social implementation, have actively been promoted both in Japan and abroad. Some of the ensuing products have been commercialized, providing worldwide rewards of new materials. Additionally, with new materials not on the market some of the products are expected to be approved by the Japanese Industrial Standard.

Additionally, with the adoption of the Regional Science and Technology Demonstration Center Development Project in the supplementary budget for FY2016, ICC aims to accelerate research and development of innovative composite materials for commercialization. A closed demonstration hub area adjacent to the ICC was therefore established, aiming to provide a seamless development environment from opened stages to more closed (i.e., confidential) demonstration stages, while synergistically creating a new exit strategy after FY2018.

II 平成29(2017)年度の運営活動 Operating Activities for FY2017

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。ICCの運営後4年が経過し、昨年度実施した規程改定により今年度は運営している。

→ p32 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、新たに22人を受け入れ、合計69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に際し順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、本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い、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。今年度は大学本部の監査も受け、平成28年6月施行の労働安全衛生法改正により化学物質リスクアセスメントの実施を開始した。また、ICC安全推進委員会の活動掲示板を設置し、安全活動の見える化と啓発活動を推進した。

→ p32 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事業にかかる予算をタイムリーに一元管理ができる「予算執行管理システム」を昨年度導入し、今年度はシステムのWEB化により、処理スピードのアップと学外からの対応ができるよう改善した。

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。研究成果が多く見られるようになり、それにともない特許申請の件数が前年度の2倍以

1 Amendments to ICC management regulation

The ICC management regulation was established during FY2015. It continues operating because of revisions to regulations implemented last year.

2 Acceptance of researchers

Based on the KIT's fellowship regulations, ICC now accepts researchers enrolled in companies that conduct joint research. They are chosen by their resumes or research experience by KIT's personnel committee. 22 people were newly accepted during FY2017, totaling 69 researchers.

3 ICC users' initial training and safety activities

As an original ICC act, the safety committee sets up an annual safety activity plan and carries out a safety patrol, both within and without ICC to pay adequate attention to researchers' and visitors' physical safety. During this FY, ICC undertook university audits and implemented chemical substance risk assessments by revising the Occupational Safety and Sanitation Law, enforced in June. Additionally, it prepared activity bulletins board for the ICC Safety Promotion Committee to promote visualization of safety activities and educational activities.

4 Budget execution

The budget management system was officially introduced last FY to ensure timely budget management for the COI STREAM project. This FY, its processing speed was improved, making it possible to respond from outside the university via the internet.

5 Patents, etc.

Many research results have been provided this FY, and the number of patent applications has more than doubled since last year. Many are patents on biotechnology and resins. Acceptance of global IP strategy producers by the National Center for Industrial Property Information and Training (INPIT) dispatch businesses of industrial property rights information and training temporarily ended at the end of September 2017.

上の案件数になり特にバイオ、樹脂関係の特許が多い。なお、知財PDの受け入れは平成29年9月末に一旦終了している。

→ p32 資料 03

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。国内の展示会IPF JAPAN 2017（国際プラスチックフェア）、SAMPE JAPAN 2017（先端技術材料展）にはICC・COIブースを出展、海外ではJEC World 2018（世界最大の複合材料展示会）において、COI成果品が「建築・インフラ部門」でJEC Innovation Awardsを受けた。



JEC Innovation Awards

7 外部資金の獲得

平成29（2017）年度の公的資金は昨年と同レベルであった。なお、企業等との共同研究は件数、金額においては前年度よりやや減ったが、検討中の案件は多く、積極的に活発な活動が実施されている。

8 メンバーシッププログラム

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シッププログラム会員は、今年度も昨年度同様に増加し、47機関58人が参画した。昨年度から、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「メンバーズフォーラム」を毎月開催し、外部講師の招聘や他の研究会との共催により最先端の幅広い情報提供をしている。

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）は平成29（2017）年度3,043名となり昨年度と同様である。また、見学者も延べ1,070名を超えており、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の研究開発内容ともに関心が見受けられる。ICCでは、ICCの利用や見学に関し、一定のマニュアルを定めて対応している。

→ p32 資料 05

6 Public relations and outreach activities

For research and development of carbon fiber composite materials, we actively conducted external dissemination activities and information gathering activities both in Japan and overseas. The ICC・COI booth was exhibited at the International Plastics Fair JAPAN 2017 and SAMPE Japan Exhibition 2017. COI deliverables were received at the JEC Innovation Awards of the “Building and Infrastructure Category” at the JEC World 2018, which was the world's largest composite exhibition.

7 Acquisition of external funding

The number of collaborative studies with companies decreased slightly, compared to the previous FY, but for many of the projects under consideration, their activities were actively conducted.

8 Membership program

The number of participants in a membership program that dispatches researchers to ICC for sharing knowledge concerning carbon fiber composite materials held by KIT increased this FY. 58 people from 47 organizations participated. A members forum was held every month, beginning last FY, to nurture member companies' human resources and to introduce ICC research activities. We invite external lecturers and co-organize with other research groups to provide a wide range of cutting-edge information.

9 Users and visitors

User attendance for research at ICC (dedicated staff excluded) was 3,043 people in FY2017, the same as the previous FY. Additionally, there were more than 1,070 visitors and the establishment of new industry-university cooperation mechanism, regional creation, new industries, and research and development.

10 Specifying resident classification

To maintain safety and confidentiality within the ICC facility, a monitoring system was introduced last year to check who is on duty, and clear visual classification was provided for ICC staff, external attendants, and students. The main change this FY was the distribution of work clothes to ICC staff.

11 Collaboration with foreign countries

This FY, for the Regional Industry Tie-up Program of the Japan External Trade Organization, ICC invited five companies from Germany to collaborate with CFK-Valley, another German partner. We held a technical exchange meeting at ICC. Additionally, we held a Matching Event at

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、入所者の出处進退、区分明示などを一昨年から開始し、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。今年度の主な変更点は、ICC教職員向け専用の作業着を準備した。

→ p34 資料 06

11 海外との連携

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）事業において今年度ドイツ側パートナーであるCFK-Valleyと協同し、ドイツから5社・機関を招請し技術交流会をICCで開催した。また東京のコンボジットハイウェイ、マッチングイベントにおいて企業との個別面談を実施した。

その他、台湾のPlastics Industry Development Center（PIDC）とMOUの締結、海外インターンシップ受入準備を行った。学内手続きにおいて担当部署との調整及び安全保障貿易管理の観点から一連の確認作業を習得した。

→ p33 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」を複数の事務職員が受講した。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も実施し、更に来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る予定。

13 地域科学技術実証拠点整備事業

大学や自治体を対象とした文部科学省の「地域科学技術実証拠点整備事業」（28年度補正、予算総額150億円）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・連続成形プロセス開発による革新複合材料実証開発拠点」として本事業にて施設・設備の整備が今年度実施され平成30年3月に竣工した。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平成30年7月に開所予定。

Composite Highway in Tokyo. A memorandum of understanding was completed between ICC and Taiwan's Plastic Industry Development Center, prepared for internship abroad within ICC. On campus, a series of confirmation works was prepared to support collaboration with departments in charge and security trade

12 Security Export Trade Control

At ICC, export and import technologies offered transactions that were strictly managed in accordance with the Foreign Exchange and Foreign Trade Laws. Multiple ICC staffs received an external seminar for universities and educational institutions called “Export Control Day for Academia” to enhance knowledge on security trade management for carbon fiber composite materials. Overseas trade cooperation was activated, and it was decided that export control of technology/information provision in collaborative research should be applied. Furthermore, this FY, we plan to accept an advisor from the Ministry of Economy, Trade, and Industry for advisory dispatching projects.

13 Regional Science and Technology Demonstration Center Development Project

ICC's extended development project, jointly proposed by KIT and Ishikawa Prefecture (completion scheduled for March, 2018; equipment cost: 300 million yen; facilities: 400 million yen), was adopted as the “Regional Science and Technology Demonstration Center Development Project,” targeting universities and local governments (supplementary budget for FY2016 includes a total of 15 billion yen) by the Ministry of Education, Culture, Sports, and Science and Technology.

Center Name: “Innovative Demonstration Development Center through High-Speed, Continuous Manufacturing Process Development of Composite Material.”

Improvement of facilities was conducted in this project this year and completed in March 2018. It will be opened in July 2018 with the aim of providing a consistent development environment from basic research to product development, accelerating commercialization and realizing regional creation through industrial concentration.



実証開発拠点

14 COI 研究推進機構の運営

ICCでは、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。当機構は、「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～」を目指しており、重要な事項は次の通りである。

1 平成29(2017)年度はトータル9年間の中間にあたり折返しの時期に入った。サイトピジットを通してJSTからの評価において、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していることを高く評価された。プラットフォームとしての機能を活かしさらなる連携を進め企業からの資金提供や、公的資金の獲得により、COI プログラム実施期間終了後ポストCOIとして拠点を自立化していくことがこれからの課題である。

2 昨年度、第2フェーズ(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材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。さらに具体的な実装が見えてきたテーマの適用を加速するため各研究グループの機能を横断的に束ねる製品テーマ毎のタスクチームにて研究を進めてきたが、JSTからはどのアプリケーションを優先して社会実装するかを示すように要求されている。

若手の活躍する場としてのCOI 20.0制度が立ち上がり、若手連携ファンドの採択も決まり若手の育成に向けて動き始めた。

3 COI事業に参画している企業の削除(1社)があり、COI機構運営委員会にて承認された。

14 Management of the Organization for Advancement of COI Research

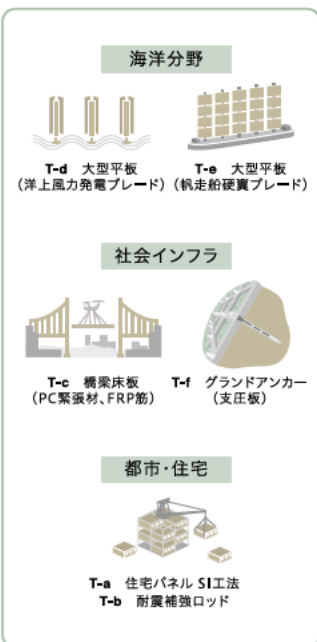
ICC continuously carries out management of the Organization for Advancement of COI Research based at KIT. The important themes of the organization, “Construction of next-generation infrastructure systems using innovative materials - Realization of a safe and secure society that can coexist with the Earth for centuries” is as follows.

1 In the COI STREAM project, we passed a turning point in FY2017. With a site visit, the JST appreciated that the “under one roof” was constructed. After implementing the COI program, it is aiming for ICC self-reliance to lead the ICC’s independent operation by obtaining public funds, and receiving funds through joint research with companies.

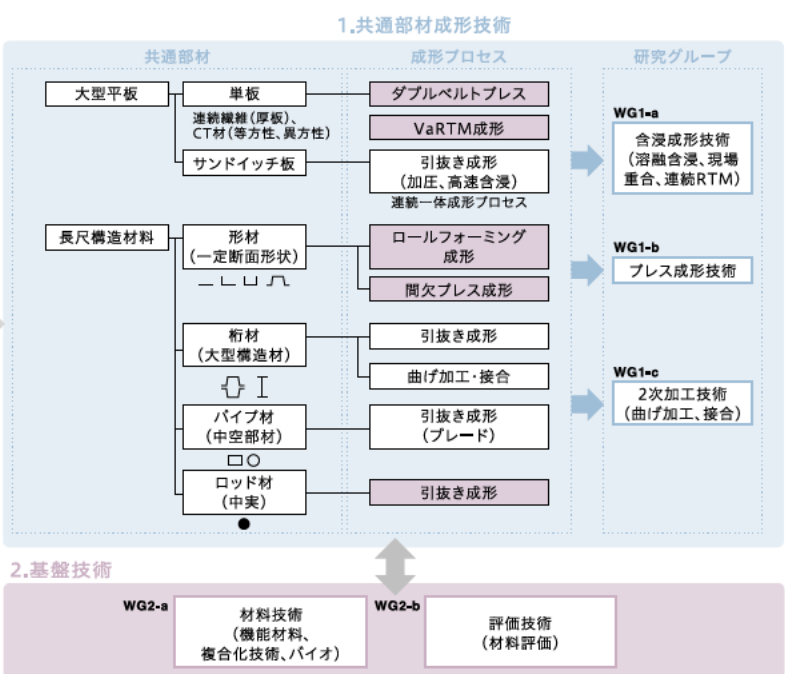
2 With Phase 2, for the next 3 yrs, from FY2016 to FY2019, research themes will be reorganized into two major fields. ICC has conducted task-team research for each product theme, but is required by JST to indicate which application is needed to prioritize social implementation. The COI 20.0 system, an active place for young researchers, has been established, and the adoption of young cooperation funds was also decided. This began to support the development of young researchers.

3 One company participating in the COI project was deleted, approved by the COI organization steering committee.

3.アプリケーションタスクチーム



実装化技術
バックキャスト



フェーズ2の研究体制

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 コンボジットハイウェイコンソーシアム※

金沢工業大学ICCは名古屋大学NCC、岐阜大学GCC、東海北陸地域の公設試験研究機関とともに平成26年11月にコンソーシアムを形成した。当該地域自治体や中部経済産業局の支援を得ながら、国内サプライチェーンの構築による、CFRPに関する研究支援から生産・加工・組立までを担う複合材料の一大拠点・産業集積を形成するための活動を行っている。(※当初“東海北陸連携コンボジットコンソーシアム”として発足。活動範囲も拡大し、全国的な取組みを目指すことから、現在、“コンボジットハイウェイコンソーシアム”と称している。)

平成29年度はこれまでの活動成果を進展させる継続的な取組み、ユーザー企業や多分野の企業とのマッチング促進など様々な取組みを行った。10月に炭素繊維複合材による耐震補強材を実用化した石川県の企業において、CFRPの先進成形技術見学会を開催した。11月末には複合材料の展示会SAMPE JAPAN2017に連動して、コンベンション2017を東京において開催した。また、企業の技術や製品を表彰するアワード(4部門)を新設し、5社がコンベンションにおいて表彰された。さらに、コンソーシアムとして準備した共同ブースにおいて、多くの参画企業が情報発信を行うとともに、同ブース内でドイツ企業も含むビジネスマッチングイベントを開催した。



SAMPE JAPAN 2017 コンボジットハイウェイコンソーシアム共同ブース

2 JETRO RIT 事業

ICCは、これまでの産学連携活動において支援を行ってきた国内企業の海外ビジネス展開をさらに進展させるため、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)事業において、平成28年度の事前調査事業の結果に基づき、平成29年度からの本体事業(最長3年間)に関する採択を受けた。RIT事業は、優れた製品や技術を持ち海外にも関心を持ちながらも、単独では難しい中小企業の海外展開への取組みについて、地域単位で海外地域とのビジネス交流を行い、事業化を進めて地域産業活性化に資することを目的としている。

平成29年度は、11月末にICCにおいて技術交流会、東京において日独企業のマッチングイベントを実施し、次年度もビジネス交流を継続していくこととした。

1 Composite Highway Consortium *

Kanazawa Institute of Technology ICC formed a consortium with Nagoya University NCC, Gifu University GCC, and public organizations of the Tokai-Hokuriku regions in November 2014. With the support of concerned regional municipalities and the Chubu Bureau of Economy, Trade and Industry, the consortium works to form a major hub/industrial cluster for composite materials to take charge of the research support, production, processing, and assembly associated with CFRP through the development of a domestic supply chain. (*Initially, it was launched as the “Tohkai/Hokuriku Cooperative Composite Consortium.” Its active areas expanded as it aimed for nationwide efforts, and today, it is called the “Composite Highway Consortium.”) In 2017, there were various attempts to continually make further progress in the achievement of past activities, promotion of matching between user businesses and businesses in many fields, etc. In October, there was a tour of the advanced molding technology for CFRP at companies in the Ishikawa Prefecture that actualized the practical use of seismic resistant materials reinforced with fiber composite materials. In late November, in conjunction with an exhibition of composite materials, SAMPE JAPAN2017, Convention 2017 was held in Tokyo. New awards (four categories) that recognize the technology and products of companies were set up, and five companies were felicitated at the Convention. In addition, in a joint booth prepared by the consortium, many participating companies, including German companies, shared information, and business-matching events were held.

2 JETRO RIT Program

To promote the international business development of domestic companies that have been supported through industry-university collaborative activities, ICC was selected for the main project (three years at the most) starting in 2017 based on the results of the preliminary projects in 2016 of the Regional Industry Tie-Up (RIT) program of the Japan External Trade Organization (JETRO). RIT programs aim to conduct business exchanges between international areas and regional units with regard to the efforts toward international development, which are difficult for single small- to mid-sized businesses with superior products and technologies, and contribute to the stimulation of regional industries through commercialization. In 2017, ICC held a technological exchange meeting for Japanese and German companies at its premises, and subsequently held a matching event for businesses from both countries in Tokyo, in late November. Following these events, the participants agreed to further activities for business tie-ups in the next year.

3 人材育成事業

(1) メンバーシッププログラム

企業から研究員を受入れるプログラムであり、ICC研究員との合同の勉強会“メンバーズフォーラム”に関しては、平成29年度に全9回のフォーラムを開催した。

(2) 地域の人材育成事業

9月に開催された中部経済産業局電力・ガス事業北陸支局による高機能新素材活用セミナーにICCから講師を派遣した。また、石川県産業創出支援機構による次世代技術開発や先導的新技術等の研修プログラムにおいて、6月の炭素繊維等の革新材料分野に関する研修に講師を派遣し、10月にはICCにおいて最新技術動向の講義とデモンストレーションを行った。

(3) 企業による研究会との連携

ICC鶴澤所長が会長を務め、北陸地域の企業を中心に構成される「ほくりく先端複合材研究会」に協力し、5月にセミナーを開催した。また7月には同研究会と協力関係にある関西地域の企業を中心とする「関西FRPフォーラム」と共同で公開研修を行った。

(4) その他の連携

ICC鶴澤所長が、台湾の「第32回台日工程技术検討会」における日本側講師団の一員として招請を受け、11月19日から4日間の講演会・討論会に参加した。本会は1980年に第1回が開催されて以来、延べ1,200名を超える日本人講師が参加している。

4 展示会における成果発信事業

複合材料の量産・適用を目的とした連続生産・高速成形技術に関する研究開発の進捗を示すものとして、数メートル長の連続成形品や炭素繊維複合材による耐震補強への適用事例を示す大型の展示品を以下の展示会において紹介した。

・平成29年8月31日～9月1日：JST フェア2017

・平成29年10月24日～10月28日：IPF JAPAN 2017(国際プラスチックフェア)

・平成29年11月29日～12月1日：SAMPE JAPAN先端材料技術展2017



JETRO RIT 事業 ICCにおける技術交流会



ICCにおいて開催された石川県の次世代技術・先導的技術に関する研修



IPF JAPAN 2017(国際プラスチックフェア)におけるICCブース

3 Development of Human Resources

(1) ICC Membership Program

It is a program that accepts researchers from companies and has held a total of nine “Members Forums”—joint study sessions with ICC researchers—in 2017.

(2) Regional human resource development project

The ICC dispatched lecturers to the seminar on new high-performance material use held by the Hokuriku Branch of Electricity and Gas Industry, Chubu Bureau of Economy, Trade and Industry in September.

To the training program for next-generation technology development and advanced new technology, etc., by the Ishikawa Sunrise Industries Creation Organization in June, the ISS dispatched lecturers in the field of innovative materials such as carbon fiber. In October, ICC held lectures and demonstrations of the latest technological trends.

(3) Collaboration of business and research groups

The Director of the ICC, Prof. Uzawa, took the role of Chairman, and held a seminar in May with the cooperation of the “Hokuriku Advanced Composite Material Association” consisting of companies in the Hokuriku Region. In July, an open training session was jointly held with the “Kansai FRP Forum” consisting of businesses in the Kansai region, which is in collaboration with the Hokuriku Advanced Composite Material Association.

(4) Other collaborations

The Director of the ICC, Prof. Uzawa, was invited to “the 32nd Taiwan-Japan Process Technology Review Meeting” in Taiwan as a member of a group of Japanese lecturers, and participated in lectures and discussions over four days from November 19th. This meeting was first held in 1980, and since then, over 1,200 Japanese lecturers have

4 Presentation of results at exhibitions

To show the progress of research and development on the continuous production and high-speed molding technology with the objective of mass production and applied technology for composite materials, large products—continuously molded products of several meters dimensions for application in seismic resistance reinforcement with carbon fiber composite materials, etc.—were introduced at the exhibitions.

IV 平成 29(2017)年度の研究活動 Research Activities for Fiscal Year 2017

14 実践的な研究環境で、異業種コラボレーションによる産業化基盤技術の研究と蓄積

In a practical research environment, research and accumulation of basic industrialization technologies through collaboration with different industries

漆山 雄太 客員教授：Yuta Urushiyama Visiting Professor

15 FRP 開発における化学的アプローチの重要性について

Regarding the importance of the chemical approach in FRP development

西田 裕文 研究員：Hirofumi Nishida Researcher

16 ICC 推進プロジェクト

ICC Promotion Project

斉藤 義弘 産学連携コーディネーター：Yoshihiro Saito Coordinator of Industry-University Collaboration

高田 康宏 事務室長：Yasuhiro Takata Director, Office of ICC

附木 貴行 研究員：Takayuki Tsukegi Researcher

植村 公彦 研究員：Kimihiro Uemura Researcher

18 量産機による成形加工技術

Molding with mass production machines

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

20 高機能先端材料の設計・開発

Design and development of high-performance advanced materials

西田・金崎・稲垣・附木 研究員：Nishida, Kanesaki, Inagaki, Tsukegi Researcher

22 FRTP フォーミングシミュレーションに用いる層間剥離応力の推定手法の提案

Estimation method of delamination stress for fiber-reinforced thermoplastics (FRTP) forming simulation

布谷 研究員：Nunotani Researcher

23 CFRTP 接合のプロセス技術研究

CFRTP joining process technology

坂本・京元・植村・佐藤 研究員：Sakamoto, Kyomoto, Uemura, Sato Researcher

24 ダブルベルトプレスを用いた CFRTP シート連続成形プロセスの高速化・高効率化開発

Development of high-speed and high-efficiency continuous CFRTP sheet-forming using a double belt press (DBP)

北田・石田・上田 研究員：Kitada, Ishida, Ueda Researcher

佐久間 技師：Sakuma Engineer

25 CFRP プレス成形モニタリング技術

Characteristic estimation technique during CFRP press-forming process

白井・上田 研究員：Shirai, Ueda Researcher

26 引抜成形技術に関する ICC の取組み

ICC's research activities as for pultrusion molding technology

上田 研究員：Ueda Researcher

乾・松本 技師：Inui, Matsumoto Engineer

27 RTM の多様な成形加工

Various molding processing of resin-transfer molding (RTM)

石田・附木 研究員：Ishida, Tsukegi Researcher

28 X 線 CT 画像を用いた繊維配向解析技術

Fiber orientation analysis technique using X-ray CT images

白井 研究員：Shirai Researcher

29 平成 29 (2017) 年度 成果：Achievement in FY2017



漆山 雄太

Yuta Urushiyama

コンポジットの構造材としての適用拡大については、多くの分野で期待されている。

この期待に応えるには、一つのブレークスルー技術だけでなく、他の材料と比較した競争力の向上が必要であり、それを支える製造生産性、設計法、さらに、製品および製造バリューチェーンを想定し、要素間を繋げるための基礎技術の充実などが求められる。これまでの要素ごとに構築された研究成果を、体系的な観点で取り纏め、工学基盤として体系化をめざし再構成することも大切な研究課題である。コンポジット製品の研究開発と実用化に関しては、取り扱う工学分野も多岐にわたり、これまで関係が無かったような事業を担ってきた技術者が集まってそれぞれの知識を生かし、知恵を発揮する必要性が増している。また、技術者が集まる場には、より実践的で先端の成形を可能とする実験環境の整備も言うまでもない。ICCは充実した研究環境と人の交流の場が形成できるので、どの様に活用し工学基盤形成に役立てるかが鍵であると考ええる。

取組み課題のひとつとして、コンポジットの静的・動的力学的特性、製造シミュレーションの充実を図ることがあげられる。その背景には、コンポジットの特有な技術内容にある。具体的には、力学的特性が製造の影響を無視できないこと、多くの影響因子を設計上考慮する必要があり、シミュレーションによる研究開発の生産性の向上が求められる。また、シミュレーションの適用として、現象の視覚化、アニメーション化により異分野の技術者間における相互理解に大変効果的となる一面もある。

そこで、異業種、異分野の技術コラボレーションの遂行とデータ蓄積による将来の発展を狙った取組みとして、2017年より、ドライ繊維シート含浸性評価法の研究会(Consortium for Evaluation Research on Permeability for Dry Fiber Sheets)をICC内で発足した。関連者の対象であるパーミアビリティを共通テーマとし、様々な課題や期待を議論する場を提供している。繊維基材技術、計測技術、シミュレーション技術、製法関連技術、エンドユーザーが集まる研究会であるが、学術的にも関連技術の体系化に繋がること、繊維の形態など新開発の方向性を示唆するものと期待し推進している。これまで定性的に言われる製品成形のし易さ、良し悪し、再現性の有無などに対して、研究会では実験による課題の数値化と、実践的な成形シミュレーションについて取り組んでいる。

実践的な研究環境で、異業種コラボレーションによる産業化基盤技術の研究と蓄積

In a practical research environment, research and accumulation of basic industrialization technologies through collaboration with different industries

Expansion of composites as structural materials is anticipated in many fields.

Thus, it is necessary to improve not only breakthrough technologies, but also to increase competition with other materials. Thus, we assume it will be necessary to enhance fundamental technologies for productivity, design, support, and manufacturing. It is also an important research topic to organize the results of research constructed for each element from a system viewpoint and to reconfigure it with a system and engineering foundation.

Regarding research and development and practical applications of composite products, the field of engineering has diversified, and engineers engaged in non-diversified businesses have begun collaborating to utilize their knowledge and to exercise wiser choices. Therefore, as a place where technicians gather, it is more practical and necessary to develop a laboratory environment that enables advanced shaping. Because ICC can form a fulfilling research environment with great collaboration, it is essential to make use of an engineering foundation.

One issue to be addressed is improving the static and dynamic mechanical properties of composites and production simulations. The key lies in the specific technical content of the composite. Specifically, it is sometimes necessary to evaluate the influence of manufacturing by ignoring its influence. Thus, is necessary to consider many design factors. Thus, productivity improvement, research, and development by simulation is required. Additionally, for simulation applications, there is a method that makes it very effective for mutual understanding among engineers in different fields: visualization and animation.

Therefore, as an effort to pursue technological collaboration in different industries and fields and to aim for future development with data accumulation, since FY2017, the research group on dry fiber sheet impregnation evaluation (Consortium for Evaluation Research on Permeability for Dry Fiber Sheets) has engaged with ICC. Permeability is a common theme and provides a place to discuss related issues.

Fiber substrate, measurement, simulation, and manufacturing related technologies all have end-user groups, but academically they lead to stovepipes, suggesting that we need a new direction of development, such as fiber forms. Thus, we expect it and we promote it. For the ease of product forming, which is qualitative, presence or absence of reproducibility is represented for good or bad. The study groups work on numbering experimental tasks and practical molding simulations.



西田 裕文

Hirofumi Nishida

Fiber-Reinforced Plastics (FRP)の構成成分として含まれるマトリクス樹脂は、FRPの特性に非常に大きな影響を与える。特に、熱可塑性樹脂やアモルファスの熱可塑性樹脂においては、FRPは樹脂のガラス転移温度Tg以下では高い弾性率を示すが、Tg以上では急激に弾性率が低下する。樹脂がTg以上、すなわちゴム状態の場合、応力が増えられると樹脂自身が容易に変形し、応力を繊維へと伝えることができず、もはやFRPとしての体をなさなくなる。樹脂のTg以下の温度でしかFRPのマトリクスとして機能しないことから、樹脂のTgがFRPの使用可能温度の上限を決定付けている。確かに、FRPの基本的な機械的物性は繊維自身の特性が支配的であるが、熱的性質、耐薬品性、加工性およびリサイクル性などの特性は依然として樹脂が支配的である。また、強化繊維とマトリクス樹脂の接着界面には、通例サイジング剤やカップリング剤が介在している。繊維と樹脂との接着が不十分であると剥離が起こり、繊維に応力を十分伝えられなくなるため、含有比率としては非常に小さいにもかかわらず、サイジング剤がFRPの特性に与える影響は決して無視できない。よって、界面設計もまた化学的アプローチが必要となる局面である。更に、成形プロセスもFRPの特性を大きく左右し得る。繊維への含浸レベル、ボイド残存率などが変化し得るからである。材料の諸特性(レオロジー特性、硬化速度、ポットライフなど)に合せた成形プロセスを選択する必要がある。一方、より実用的には、成形プロセスに合せた諸特性となるよう材料設計することが肝要となってくる。

ICCでの化学的アプローチとして、素材の性能追求やプロセスへのマッチングの観点から要求される特性の付与を目的に、マトリクス用モノマーの分子設計や、界面設計にメスを入れた材料開発を行っている。

FRP開発における化学的アプローチの重要性について

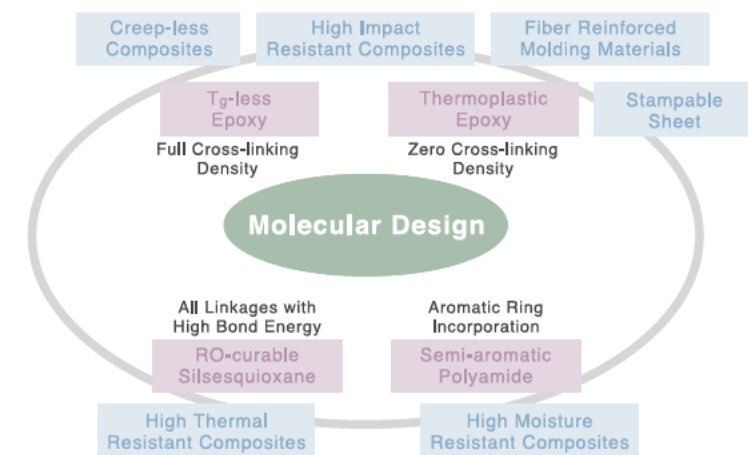
Regarding the importance of the chemical approach in FRP development

The properties of matrix resin contained as a component of fiber-reinforced plastics (FRP) have a great influence on their characteristics. Especially in thermosetting resins or amorphous thermoplastic resins, FRP shows a high elastic modulus below the glass transition temperature (Tg) of the resin. However, the elastic modulus sharply drops at Tg or higher. When the resin is above Tg, namely, in the rubbery state, when stress is applied, the resin is easily deformed, and stress cannot be transmitted to the fiber. Thus, it does no longer takes form of FRP. Because resin functions as a matrix of FRP only below the resin Tg, it determines the upper limit of usable FRP temperature.

Certainly, whereas the properties of fiber itself are dominant in the basic mechanical performances of FRP, that of resin is still dominant in performance, including thermal properties, chemical resistances, processability, and recyclability. Additionally, a sizing agent and a coupling agent are usually interposed at the bonding interface between reinforcing fibers and matrix resins. If the adhesion between fiber and resin is insufficient, delamination occurs and stress cannot be sufficiently transmitted to the fiber. Thus, the effect of the sizing agent on FRP characteristics is never negligible, despite its very small content.

Therefore, the interface design is also an aspect where a chemical approach is required. Furthermore, the molding process can also greatly influence FRP properties. The level of impregnation into fibers, void remaining rate, etc., can be changed. It is necessary to select a molding process suitable for various properties of the material (rheological properties, curing speed, pot life, etc.). However, from a more practical viewpoint, it is essential to design materials to have characteristics that molding processes require.

As a chemical approach for ICC, we have been struggling with molecular design of monomers for matrices and material development stepping into interface designs, aiming to pursue material performance and process matching.





斉藤 義弘 *Yoshihiro Saito*

高田 康宏 *Yasuhiro Takata*

附木 貴行 *Takayuki Tsukegi*

植村 公彦 *Kimihiko Uemura*

ICC推進プロジェクト

ICC Promotion Project

① COIプログラムの取組み

金沢工業大学COIではICCを中核拠点として「革新材料による次世代インフラシステムの構築～安心・安全で地球と共存できる数世紀社会の実現～」をテーマに、27機関・社との連携による研究開発を行っている。本年度はプログラム開始から5年目となり、現在実施しているフェーズ2では革新材料の社会実装の実現に向け、ワーキンググループ-1 (WG-1) 共通部材成形技術、WG-2 基盤技術の2つのWGと、アプリケーションの開発を進める6つの「アプリケーションタスクチーム」で研究を推進した。

● 研究開発成果のトピックス

WG-1では、ダブルベルトプレス (DBP) の成形プロセスにおける、厚板成形時に課題となる材料内部の高速加熱について新規加熱方法を発明し、DBPでの高速成形方法について進捗が得られた。中間基材の製造技術では、CFチョップドテープと熱可塑性エポキシ樹脂を用いた賦形性が高くかつ機械強度に優れたランダムシートの連続成形技術を開発し、参画企業のサンコロナ小田 (株) より商品化された。(図1)

WG-2は、既存のナイロンに比べ、低吸湿で炭素繊維と相溶性が高いセルロース誘導体を設計し合成が可能となった。評価技術では熱可塑性エポキシ樹脂を用いたストランドロッドの引張クリープ試験による寿命予測を実証し予測結果の妥当性が得られ、新たな材料に対する評価技術について多くの成果を得た。

● 社会実装に向けた進捗状況

建築分野では小松精練 (株) との共同開発により耐震補強として実用化が進むカバコーマストランドロッドの採用が拡大し、経産省の「新市場創造型標準化制度」を活用し2018年度のJIS化に向けた取り組みが進んでいる。また、新たな用途としてプラットホームの転落防止柵へ採用されるなど、適用先が拡大している。(図2) 土木分野では法面の崩落防止のグラウンドアンカーシステムについてNEXCO西日本と京都大学の連携により、CFRP支柱板の現場実証試験が2018年7月から開始する予定である。またコンクリート構造物の塩害対策としてPC緊張材や補強筋のFRP化が要望されており、橋梁メーカーとの検討が進むなど、タスクチームの社会実装へ向けた取組みが大きく進展している。



Figure1. Commercialized Random sheet (SUNCORONA ODA Co., Ltd. Flexcarbon™)

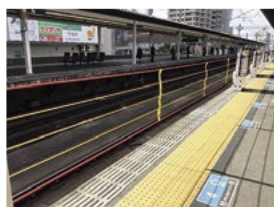


Figure2. Application to platform fall prevention measures

① Action of the COI program

The KIT COI collaborates with 27 organizations and companies with the aim of “Construction of next-generation infrastructure systems using innovative materials - Realization of a safe and secure society that can coexist with the Earth for centuries” with ICC as the base. This year is the 5th year, and during phase 2, we are working on realizing social implementation of innovative materials, through two WGs, working group 1 (WG-1) common-member molding technologies, WG-2 base technologies, and application development by six “application task teams.”

● Topics of research and development results

WG-1 invented a novel method for high-speed heating inside materials, which can be a problem when forming thick plates. During molding of the double-belt press (DBP), progress has been made on the high-speed forming method. In the manufacturing technology of intermediate base materials, we developed continuous molding technologies for random sheets having good shape-retention and excellent mechanical strength using carbon fiber-chopped tape and thermoplastic epoxy polymers. It was commercialized by the participating company, SUNCORONA ODA Co., Ltd. (Figure 1) .

WG-2 can design and synthesize cellulose derivatives with low moisture and high compatibility with carbon fibers, compared to existing nylon. Evaluation technology demonstrated lifetime prediction via a tensile creep test of strand rods using thermoplastic epoxy polymers, obtaining prediction result validity and technology evaluation new material.

● Progress towards society implementation

In the field of construction, the adoption of CABKOMA Strand Rod with practical application of seismic retrofitting via joint development with KOMATSU SEIREN Co., Ltd. has expanded, and with the “New Market Creating Standardization System’s,” the Ministry of Economy, Trade, and Industry’s has adopted the platform as a fall prevention fence; new use is expanding. (Figure 2) In the field of civil engineering, a ground anchor system for prevention of slope-collapse is being planned by NEXCO-West and Kyoto University. A verification test (July, 2018) is scheduled to be implemented and is progressing toward practical application. Additionally, tension material and reinforcement for prestressed concrete requires conversion into FRP as a countermeasure against salt damage of concrete structures. Consideration is also being made for social implementation of task teams, including making progress of examining with bridge specialized manufacturers.

② RTM成形技術に関する取組み

RTMに関する研究開発は、本年度企業との共同研究を5件実施したほか、7月には昨年に続き第2回ワークショップを開催した。また、含浸性の評価に関する「ドライ繊維シート含浸性評価法の研究会」を立ち上げ、基礎データの蓄積、シミュレーション技術の適用についても取組みを開始した。

研究成果として、戦略的基盤技術高度化支援事業 (サポイン事業：経産省、中小企業庁) によるテックワン (株) とのプリフォームの共同開発について、チョップドテープを用いることで高賦形性、高生産性、高強度を実現する新規プリフォームの基礎技術を確認した。

含浸性評価の研究会は素材、成形加工、シミュレーション等幅広い技術分野の企業の参加により活動をスタートした。ICCに導入した含浸性評価装置を活用し、パーミアビリティに関するデータを蓄積しシミュレーションおよび成形技術の高度化を図る。



RTM workshop (July 2017)

③ 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～

自動車分野では、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 (CNF) 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。ICCでは、共同事業者との緊密な連携の下、自動車分野等様々な製品群へのCNF部品の導入実証に資するCNF材料の成形性、接着・接合性等をRTM成形にて明確化する。

④ 研究成果最適展開支援プログラム (A-Step)

A -Stepのシーズ育成タイプのFSに参画し、次世代洋上風力発電の開発において垂直軸風車のブレードにCOIの成果を適用する研究を実施した。CFRPの適用により軽量化が可能になり風力発電システムとしてのコスト削減に寄与できる事を明らかにした。

⑤ ISMAプロジェクト

ISMAは、自動車を中心とした輸送機器の軽量化に向け、開発した材料等を適材適所に使用するために必要な革新的接合技術の開発や、鉄鋼、非鉄、炭素繊維強化樹脂等の輸送機器の主要な構造材料の高強度化等に係る技術開発を促進してきた。

ICCは機械的接合に係る研究を担当し、Grip形状を用いることが異材接合に有効であることを証明した。

② Efforts on resin-transfer molding (RTM) technology

In RTM research and development, we conducted five joint studies with companies this year. In July, we held the second workshop. We also launched the “Study Group on Dry Fiber Sheet Impregnation Evaluation Method” to evaluate impregnation properties. We also began accumulating basic data and applying simulation technologies.

The Strategic Basic Technology Advancement Support Project joint development of preform, teamed with TEC ONE Co., Ltd. For the “Supporting Industry project’s,” by using chopped tape and high shape. We established the basic technology of a new preform that realizes productivity and high strength.

The study group on impregnation evaluation began activities by participating with companies in a wide range of technical fields, including materials, molding processing, and simulation. Utilizing impregnation property evaluation devices, they accumulated permeability data and aimed for sophistication of simulation and molding technology.

③ Cellulose Nanofiber Performance Evaluation Work Outsource Project (Proving, Evaluation, and Verification for Introduction of cellulose nanofiber (CNF) Materials for Social Implementation—Automotive Field)

In the automotive field, applications (e.g., materials and parts) were proposed for utilizing the properties of CNF and a thorough evaluation was conducted of the full process from material to automotive final product for resin materials using CNFs. The aim was to reduce carbon dioxide emissions by improving energy efficiency by reducing the weights of parts and products. In ICC, under close cooperation with project partners to clarify formability of CNF materials that contribute to the introduction of CNF parts for the automotive field and similar products, adhesive-bonding via RTM molding was introduced.

④ Adaptable and Seamless Technology transfer Program (A-Step)

We participated in the A-Step’s seed development FS and conducted research to apply the COI results to the blade of the vertical axis wind turbine during development of the next generation floating offshore wind power. We made it possible to reduce weight by applying CFRP and contributed to cost reduction as a wind power system.

⑤ The Innovative Structural Materials Association (ISMA) project

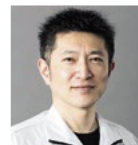
For the drastic reduction of transportation equipment weight, primarily for automobiles, ISMA promotes the development of innovative materials for in the right applications. With the development of technologies involved in enhancement of the strength of major structural materials, such as iron and steel, non-ferrous, carbon-fiber-reinforced plastic materials, for transport equipment, this can be achieved. ICC is in charge of research related to mechanical joining as a method other than adhesion. Thus, we found that using a grip shape is effective for dissimilar material bonding.

量産機による成形加工技術

Molding with mass production machines



佐久間 忠
Tadashi Sakuma



乾 伸晃
Nobuaki Inui



松本 大輝
Naoki Matsumoto



橋本 かおる
Kaoru Nashimoto



埜口 史郎
Shiro Noguchi

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。

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する。

● ウェット成形

ハンドレイアップに代表されるオーソドックスな積層方法。すべての成形方法の基本になる。

● ウェットバキューム成形

ハンドレイアップで積層した基材の余分な樹脂を吸い上げることで繊維含有率を向上させる。またコア材と一緒にバキューム接着することでサンドイッチ構造材を成形する。

● インフュージョン成形

基材をセットしたあと真空引きの状態樹脂を吸引するように流し込み含浸させる。さらに注入樹脂を加圧、減圧して樹脂の注入量をコントロールする。

● RTM成形

密閉した型の中に圧力をかけた樹脂を注入して成形する。

● HP-RTM

高圧プレスで押さえ高温の金型の中に高温・高圧の樹脂を注入し1-2分で硬化させ、数分以内での加工を可能にする(図1)。

● オートクレープ成形

型にプリプレグをセットしバッグをかけ真空引きした状態で圧力釜(オートクレープ)にいれ、加圧・加熱して硬化させる。

● ホットプレス成形

プリプレグを金型にセットし、プレスすることで加圧・加熱し硬化させる。

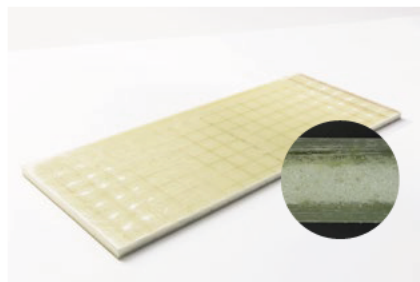


Figure 1. Sandwich construction by HP-RTM

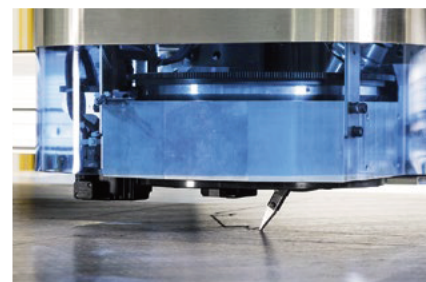


Figure 2. Ultrasonic automatic cutting machine

The operations of researchers using molding and laboratory equipment are supported by ICC engineers, who have high expertise in molding machine operation.

Different molding and processing machines

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

● Wet molding: Orthodox lamination method typified by hand lay-up. It is the basis of all molding methods.

● Wet vacuum forming: Increase fiber content (Vf) by sucking the extra resin of the laminated substrate by hand lay-up. The sandwiched structural material is molded by vacuum bonding with the core material.

● Infusion molding: After setting the base material, pour in and infiltrate the resin so that the resin is sucked in a vacuumed state. Further, the injected resin is pressurized and depressurized to control the amount injected.

● RTM molding: Mold by injecting pressurized resin into a sealed mold.

● HP-RTM: Inject a high temperature-high pressure resin into a high-temperature mold pressed under high pressure and harden for 1-2 min to enable processing within a few minutes (Figure 1).

● Autoclave molding: Place a mold in a prepreg, enclose with a vacuum bag, place in a pressure cooker (autoclave), pressurize, and heat to harden it.

● Hot press molding: Set a prepreg in a metal mold, press, and heat, and harden by pressing.

今年度導入された成形・加工設備

● 超音波自動裁断機(タカトリ製)(図2)

2次元CADデータからプリプレグや生クロスを超音波で自動裁断する。

● TAL自動積層機(津田駒工業製)(図3)

熱硬化、熱可塑プリプレグテープを使って設計された積層配合に基づき自動積層する。

● ウォータージェット切断機(図4)

2次元CADデータからFRP製品、金属、木などを自動裁断する。(図5)

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、自動裁断機、自動積層機、オートクレープ、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以下の成形物を得た。主な長尺部材の成形品として、間欠プレス成形、ロールフォーミング成形およびストランドロッド、プレス成形品としてグラウンドアンカープレートを図6に示す。



Figure 3. TAL automatic laminating machine



Figure 4. Water jet cutting machine

Molding equipment introduced this fiscal year

● Ultrasonic automatic cutting machine (manufactured by Takatori Corporation; Figure 2) From 2D CAD data prepreg and automatic cutting of raw cloth by using ultrasonic waves.

● TAL automatic laminating machine (manufactured by Tsudakoma Industry Co., Ltd.; Figure 3) Automatic lamination based on laminate formulation designed using thermoset, thermoplastic prepreg tapes.

● Water jet cutting machine (Figure 4) FRP products, metal, wood, etc. are automatically cut from the 2D CAD data (Figure 5).

Follow up on research by ICC engineers

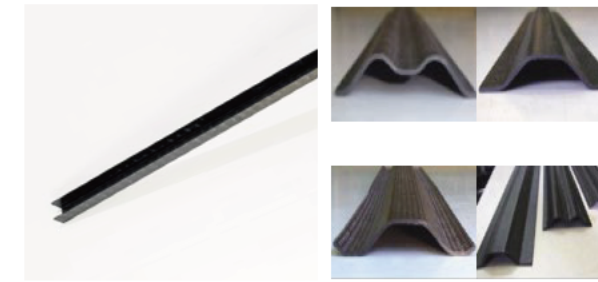
Utilizing the experience that we have gained so far, we supported research by consulting and cooperating with researchers and collaborators of companies. In molding machines such as HP-RTM, automatic cutting machine, automatic lamination machine, autoclave, and water jet, improvements in terms of work efficiency and molding process are carried out. Perform the processing of test piece from molded parts and sometimes auxiliary work for material testing.

As a result, COI provided assistance in improving the molding quality and mechanical properties, and the following molded products were obtained.

Figure 6 shows intermittent press-molded products and roll-molded products as the main products of elongated molding, and a ground anchor plate as a strand rod and press-molded product is formed.

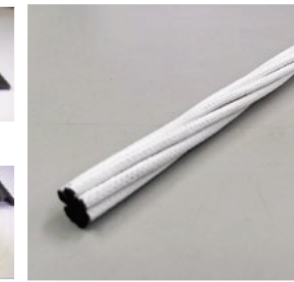


Figure 5. Waterjet cutting test piece



Elongate structural materials due to intermittent processes and roll forming technology

Figure 6. The main large moldings in COI project



CABKOMA Strand Rod
KOMATSU SEIREN Co., Ltd.



Ground anchor plate

高機能先端材料の設計・開発

Design and development of high-performance advanced materials

複合材料を構成する樹脂、相溶化剤(サイジング剤)および、繊維の機械的物性と機能性を制御することを目的として、樹脂と繊維表面の改質や相溶化剤の開発を検討した。このような観点でICCが取り組んでいる事例を紹介する。

FRP成形プロセスを考慮した熱可塑性樹脂の改質

FRPは繊維の働きによって高い比強度、比弾性率の材料となるが、その他の特性については母材(樹脂)の特性が反映される。たとえば、ある構造物を作製するとき、力学的特性だけではなく耐候性や耐熱性といった化学的な特性を考慮する必要がある。また、その条件を満たす樹脂であっても、想定する成形プロセスにおいて繊維への含浸が困難、成形速度・品質が不十分といった制約のために、力学的・化学的に最も適したものを選択できない可能性がある。言い換えれば、FRPの製品では材料から最終製品まで、互いに連動した段階すべてを見通した上で材料選択とプロセス設計を行う必要がある。

(1) FRPが高性能(高靱性、高耐熱性、高強度)を有し、且つリペア性も兼ねることが求められる用途では、マトリックスとして熱可塑性樹脂にカテゴライズされるスーパーエンジニアリングプラスチック(スーパーエンブラ)を選択するのが一般的な考え方である。しかしながら、樹脂の溶融粘度が非常に高いために繊維への含浸が極めて困難になる。ICCではこの問題を解決するため、特別に分子設計された反応性可塑剤をスーパーエンブラに添加して溶融粘度を低下させることにより、含浸を容易にする手法を検討している。当然、反応性可塑剤を含有した状態ではスーパーエンブラの物性は劇的に低下しているが、成形終了後にある刺激を加えることにより反応性可塑剤を重合させ、スーパーエンブラを元の物性に回復させることを想定している。

(2) 複雑形状や厚板形状の熱可塑FRPをハイサイクルで製造する用途では、通常の熱可塑性樹脂では高速含浸できない。この問題の解決法として、初期は低粘度な低分子量化合物で、高速含浸にも適用でき、含浸後速やかに重合して熱可塑性樹脂となる、いわゆる「現場重合型熱可塑性樹脂」を用いる手法が考えられる。ICCではナガセケムテックス社製、現場重合型熱可塑性エポキシを用いたCFRP成形に取り組んでいる。既に小松精練(株)との共同研究によって耐震補強用のストランドロッド「CABKOMA」を開発、JIS化に向けて活動している。(図1)

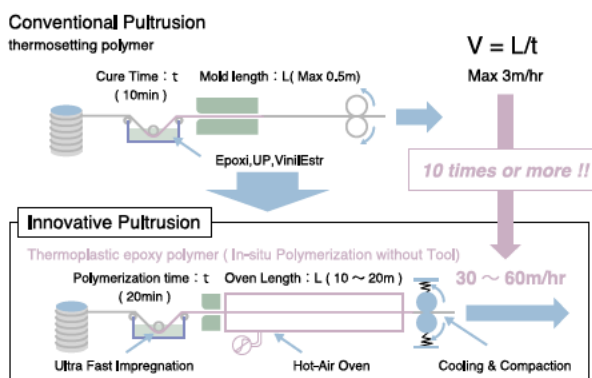


Figure 1. Innovative Pultrusion



We studied resin and fiber surface modifications and compatibilizers for controlling resin, compatibilizing agents (sizing agents), and for composing the composite material, mechanical properties, functionality of the fiber. We introduce examples that ICC is working on from this viewpoint.

Modification of Thermoplastic Suitable for FRP Molding Processes

Whereas FRP can be a material with high specific strength and specific elastic modulus, owing to the actions of fiber, other properties largely depend on the characteristics of the matrix polymer. For example, when manufacturing a certain structure, it is necessary to consider not only mechanical properties but also chemical characteristics, such as weather resistance and heat resistance. Whereas the matrix polymer satisfies the required resistance and properties, it may be impossible to use it for real structures because of the difficulty of polymer in impregnating fiber, or its low speed and quality in the molding process. Thus, in FRP products, it is necessary to select materials and design the process, based on understanding the relationship between material properties, each manufacturing process, and the final product.

(1) For applications requiring high performance (e.g., toughness, heat resistance, strength, reparability) FRP and thermoplastic polymer categorized as super engineering plastics were selected as general matrices. However, the melt viscosity of the polymer is very high and fiber impregnation becomes extremely difficult. To solve this problem, ICC examined a method to make impregnation easier by lowering the melt viscosity by adding specially designed reactive plasticizer to super engineering plastics. In the state containing the reactive plasticizer, the physical properties of super engineering plastics was drastically deteriorated. However, after molding, a certain stimulus as added to polymerize the reactive plasticizer and recover the super engineering plasticity to its original physical properties.

(2) For thermoplastic FRPs with complicated shapes and thick-plate shapes to be manufactured at a high cycle, high-speed impregnation could not be performed with ordinary thermoplastic polymers, because of their high-melt viscosity. Thus, we can use a method using an “in situ polymerization type thermoplastic polymer”, which is a low-viscosity and low molecular weight compound at the beginning. It can also be applied to high-speed impregnation to rapidly polymerize the thermoplastic polymer after

PP系コンポジットにおける新規相溶化剤(iPP-PAA)の開発

本研究は母材にポリプロピレン(PP)を使用し、CF(短繊維)およびBF(マイクロファイバーおよびナノファイバー)とのコンポジットに対しPP系アイオノマーを相溶化剤として用いることで、既存の無水マレイン化ポリプロピレン(MAPP)とは異なる界面接着機構を開発した。実際にCFRPと両末端に反応性二重結合を持つテレケリックスのポリアクリルアミド(PAA)に合成した相溶化剤を添加させることでCFRPの界面接着性がMAPPと比較し約50%向上したことを確認した。

●相溶化剤のメカニズムとCFにおける界面せん断強度

PP系アイオノマーのアイソタクチックポリプロピレン-ポリアクリル酸トリブロック共重合体(Isotactic Polypropylene Polyacrylic acid:iPP-PAA)(株)三栄興業製は、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。(図2) Extruderによる成形条件および配合割合を図3に示す。

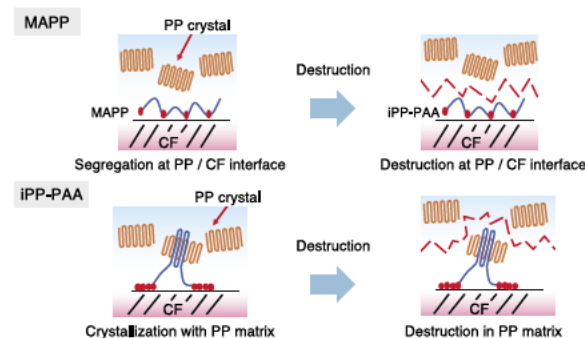


Figure 2. Mechanism of destruction on interfacial shear strength of iPP-PAA and MAPP

	PP wt%	MAPP wt%	iPP-PAA wt%	iPP-PAA/BF wt%	iPP-PAA wt%
Entry1	100	-	-	-	-
Entry2	100	3	-	-	-
Entry3	100	-	3	-	-
Entry4	100	-	-	3	-
Entry5	100	-	-	-	3

TECHNOVEL Co., Ltd.
(KZW20TW-45MG-NH)
L/D=45,
twin screw diameter 20 mm
Same direction rotation
Mix: 180°C 5-7min
nozzle: 190°C
Rotation speed: 150 rpm

Figure 3. Ratio of various composites and molding conditions of an extruder

●フラグメンテーション(FT)試験

ホットプレス機(井元製作所(株)製:IMC-180C型)を用いてEntry1-5のフィルムを作製した。フィルムの成形条件および界面せん断強度の結果を図4に示す。

PP単体に比べ相溶化剤を添加したEntry 3は最高367%向上した。FT試験 22 MPa (MAPPの1.5倍)の目標値(サイジング剤除去:82%)を超える値を得ることができ、新規相溶化剤の開発の目的を達成した。

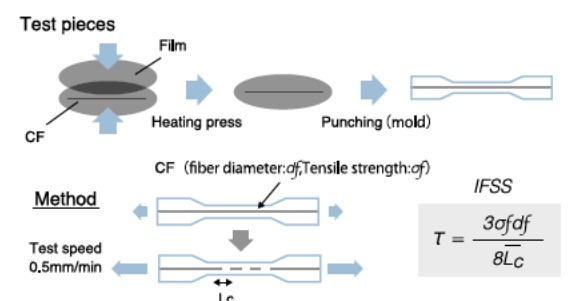


Figure 4. Film-forming conditions and interfacial shear strength results

impregnation. ICC is working on CFRP molding using in situ polymerized thermoplastic epoxy, manufactured by Nagase ChemteX Corp., and has already developed a strand rod “CABKOMA” for earthquake-resistant reinforcement by collaborating with KOMATSU SEIREN Co.,Ltd. and works towards Japanese industrial standards (Figure. 1).

Development of novel compatibilizer (iPP-PAA) in the PP-based composites

In this research, using polypropylene (PP) as the base material and PP type ionomer as a compatibilizer for composites with CF (short fibers) and BF (microfiber and nanofibers). For existing maleic anhydride, we developed an interface adhesion mechanism differing from polypropylene (MAPP). By adding CFRP and a compatibilizer synthesized to Telechel polyacrylamide (PAA), having reactive double bonds at both ends, the interfacial adhesion of CFRP was improved by about 50 % compared with MAPP confirmed. Additionally, for functionality, we will create a product that can maintain its physical properties as a composite material without losing its antistatic function.

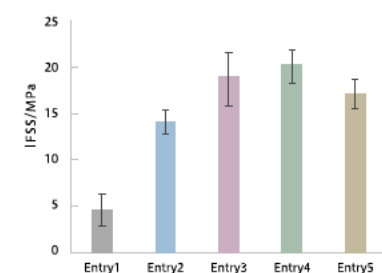
● Mechanism of compatibilizer and interfacial shear strength in CF

iPP-PAA of a PP-Based Ionomer reactive polar polymer was immobilized on both ends of the PP, Tri-block copolymer (made by Sanei Kogyo Co., Ltd.). Because the reactive polar polymer at both ends enters the PP crystal structure and adheres to a surface, cohesive failure occurs and leads to improvements in physical properties (Figure 2). The molding conditions and compounding ratio of the extruder are shown in Figure 3.

● Fragmentation (FT) test

A film of entry 1-5 was prepared using a hot-press machine (IMC-180C type manufactured by Imoto Machinery Co., Ltd.). The molding conditions and interfacial shear strength results (films) are shown in Figure 4.

Compared to PP, Entry 3, with compatibilizer, improved IFSS by 367 %. A value exceeding the target value (sizing agent removal: 82 %) of the fragmentation test, 22 MPa (1.5 times MAPP) can be obtained. Thus, the purpose of developing a new compatibilizer has been achieved.



F RTPフォーミングシミュレーションに用いる 層間剥離応力の推定手法の提案

Estimation method of delamination stress for fiber-reinforced thermoplastics (F RTP) forming simulation



布谷 勝彦
Katsuhiko Nanotani

今日、フォーミングシミュレーションは、繊維積層材料の賦形形状や材料の形状、繊維配向角などの最適化に適用されている。図1に、繊維積層材料のモデル化に必要な材料特性を示す。単層の材料特性(面内せん断特性、引張弾性率および曲げ弾性率)は、成形温度(樹脂溶融温度)の下で材料試験により測定が可能である。しかし、成形温度以下での層間剥離特性の材料試験は、確立されていない。そこで、本レポートは層間剥離応力の推定手法を以下に提案する。

図2は部分加熱した繊維強化熱可塑性プラスチック(Fiber-reinforced thermoplastics:F RTP)積層板を部分的に曲げるにより、意図的にシワを形成させる(自由曲げ)。次に、自由曲げのシミュレーションを実施し、試験とシミュレーションでのシワ形状を比較した。自由曲げによる曲げ部は、型により加圧や拘束されていないため、生じるシワは、1)型や層間の摩擦の影響が小さい、2)面内せん断変形は生じないと仮定できる。つまり、シワ形状は層間剥離応力が支配的に影響する。ここで、シミュレーションに必要な材料物性は、単層の材料試験により取得した。

図3に自由曲げ試験で形成したシワ形状、図4にシミュレーションによるシワ形状をそれぞれ示す。この図より、自由曲げ試験とシミュレーションによるシワ形状は近似していることがわかる。よって本手法は、層間剥離応力値の推定が可能であることを確認できた。

Nowadays, forming simulation is applied to optimize the molding process, including mold-shape design, blank shapes, and draping of fiber laminate. Figure 1 shows the material properties required for modeling in fiber laminate material. The material properties (in-plane shear characteristics, tensile modulus, flexural modulus) of a single layer can be measured via material test under a molding temperature. However, general material testing has difficulty measuring interlayer delamination stress, because measuring molding temperature under stress is difficult. Thus, there is no clear testing method. So, this report proposes a new method of determining interlayer delamination stress.

As shown in Figure 2, the partially heated F RTP laminate is partially bent, and wrinkles were purposefully formed by free-bending. Then, for comparison of simulation and free-bending test, wrinkle shapes and values of interlayer delamination stress were determined. Assuming extremely small friction between molds and layers and the lack of in-plane shear occurrence, the shapes are greatly affected by flexural moduli of a single layer, the bending range, and the interlayer delamination stress, because the wrinkling of free-bending is not pressurized or restrained by molds. Figure 3 and 4 show wrinkle shapes formed by free bending test and by simulation. Here, it can be seen that these wrinkles have good conformity.

Therefore, the results of this study reveal that this method can determine the value of interlayer delamination stress.

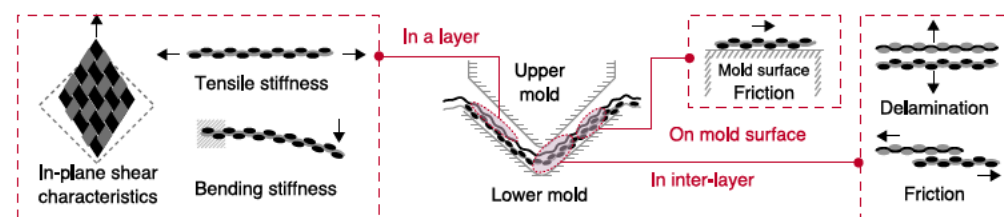


Figure 1. Characteristics required for modeling simulation

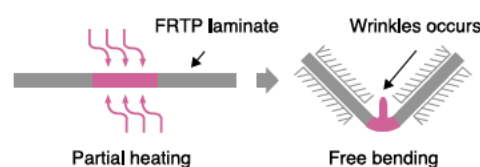


Figure 2. Schematic of experiment



Figure 3. Wrinkles for experiment

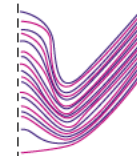


Figure 4. Wrinkles for simulation

CF RTP接合のプロセス技術研究

CF RTP joining process technology



坂本 昭憲
Akinori Sakamoto



京元 敬介
Keisuke Kyomoto



植村 公彦
Kimihiko Uemura



佐藤 和男
Kazuo Sato

CF RTP成形品レーザ連続溶着システムの開発

CF RTPの連続式溶着は未だ確立されていない。本研究では、レーザを用いた接合界面の加熱技術を開発し、CF RTP成形品の連続溶着システムの開発を行っている。本年度は貫通穴を限りなく小径穴とする接合界面の加熱工法を検討し、図1に示す接合技術を開発した。レーザ照射を2工程とし、貫通穴加工のレーザ照射を1プロセス、接合界面加熱のレーザ照射を2プロセスとし、接合界面の貫通穴近傍の樹脂消失および劣化の軽減を図った。その結果、レーザ照射1工程と比較し13%の界面せん断強度の改善が得られ、2プロセスレーザ照射加熱工法は接合面における貫通穴近傍の樹脂分解を抑えられることが確認された。また、板厚2.5mmの接合の結果は、板厚1mmと遜色の無い強度を得た。この結果を得て、更なる接合強度の向上を求め、樹脂の劣化改善に関して研究を進めていく。

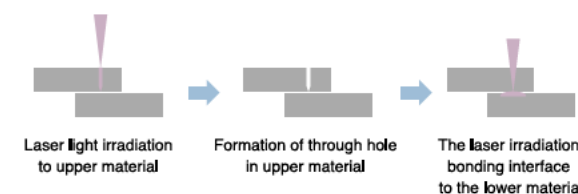


Figure 1. Method of interfacial heating of overlay bonding

CF RTP接合における超音波溶着プロセス管理手法の研究

既存のCF RTPの超音波溶着は、工程中に高い保持圧力を加えることで高い接合力を得られる結果が報告されている。しかし、工程中の界面温度測定では加振中の温度が420℃に達していて、PA6の急激な酸化劣化が起きている。

そこで本研究では工程中に一定で管理および検討している保持圧力を可変させ、溶融工程(加振中)と冷却固化工程(加振停止後)それぞれの工程に適した保持圧力を与えることで、高い接合力を得る。溶着工程中の溶融時の保持圧力を1.0MPa、冷却固化工程中の保持圧力を1.5MPaの接合力と、溶着工程中の保持圧力を1.5MPaの接合力を軽減し、より長い時間で均質にでき比較した結果を図2に示す。溶融工程中の保持圧力は高い接合力が得られた。

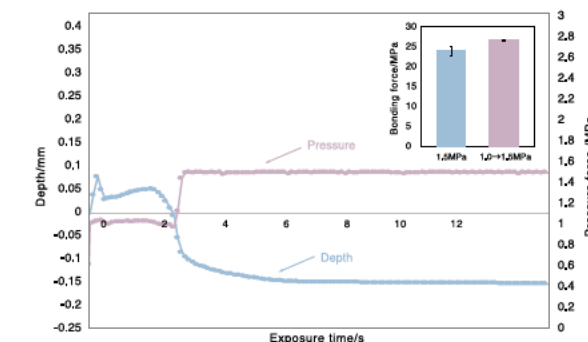


Figure 2. Behavior during welding (1.0 → 1.5 MPa) The inset shows the effect of holding pressure on bonding force

Development of a continuous laser welding system for CF RTP molding

Continuous welding of CF RTP has not yet been established. In this research, we developed a heating technology for bonding interfaces using lasers and developed a continuous welding system for CF RTP-molded products. In this fiscal, we studied the heating of the bonding interface that renders the through hole as one having an infinitely small diameter and developed the bonding technology shown in Figure 1.

Laser irradiation was carried out in two steps. Laser irradiation for through hole processing was the first process, and laser irradiation for heating the bonding interface was set as the second process; resin disappearance and deterioration in the vicinity of the through hole at the bonding interface was attempted.

As a result, it was confirmed that the interfacial shear strength was improved by 13% compared to single-step laser irradiation and that the dual-process laser irradiation heating method can suppress the resin decomposition near the through hole on the bonding surface.

In addition, it was confirmed that even for 2.5mm thick plates joining strength obtained was comparable to that for thinner plates of 1mm. This result encouraged us to proceed further steps for seeking higher joining strength minimizing resin deterioration.

Research on ultrasonic welding process management for CF RTP joining

It has been reported on several occasions that ultrasonic welding of existing CF RTP can result in high bonding strengths upon applying high holding pressures during the process. However, during the measurement of interfacial temperature as part of the process, the temperature during excitation reached 420 °C, and rapid oxidative deterioration of PA6 occurred.

Therefore, in this study, by varying the holding pressure during the process, which used to be constantly managed, to ensure its suitability for each process of the melting (during excitation) and cooling solidification steps (after stopping the excitation), we could obtain a high bonding force. The holding pressure at the instance of melting during the welding process was 1.0 MPa, whereas the holding pressure during the cooling and solidification process was 1.5 MPa; the holding pressure during the welding process was 1.5 MPa, which reduced the bonding force uniformly over a longer time. The results are compared and shown in Figure 2. The holding pressure suitably controlled during the melting process resulted in a high bonding force.

ダブルベルトプレスを用いたCFRTPシート 連続成形プロセスの高速化・高効率化開発

Development of high-speed and high-efficiency continuous CFRTP sheet-forming using a double belt press (DBP)



北田 純一
Junichi Kitada

石田 応輔
Osuke Ishida

上田 久偉
Aisai Ueda

佐久間 忠
Tadashi Sakuma

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シートを生産可能な連続プロセス開発を進めている。開発要素として大きくは①「装置・プロセス開発」と②「DBPを用いた成形技術開発」の2点に分類され、それらについての開発成果を述べる。

①DBP開発においてはプロセス最適化設計から考案した高速成形プロセスモデルに基づいた開発を実施し、今年度は連続予熱プロセス開発と2016年にDBPへ導入した高速昇温装置を用いたプロセスモデル検証実験を実施した。

●連続予熱プロセス開発

厚肉CFRTPを高効率で高速成形可能となる板厚方向に依存しない直接加熱方法を開発した。その加熱実験の一例を図1に示す。現在は本加熱方式を用いた、連続プロセス装置開発を進めている。

●プロセスモデル検証実験

プロセスシミュレーションにて予めプロセス条件および各出力(温度・含浸率)を計算し成形実験を実施した。(図2、3)

材料予熱や高速昇温装置を用いることで、従来成形速度に対して1.5~2倍の生産性効率向上を達成した。今後は、連続予熱プロセス開発を進め、更に供給温度を高くすることでプロセス効率を向上させ、製造コスト低減目標達成を計る。

②成形技術開発においては、織物基材を用いた板厚6mm成形実験や織物基材よりも機械特性に優れるNon Crimp Fabric (NCF)を用いた成形実験を実施した。今後は①の開発内容と併せ、含浸品質と生産性向上を目指す。

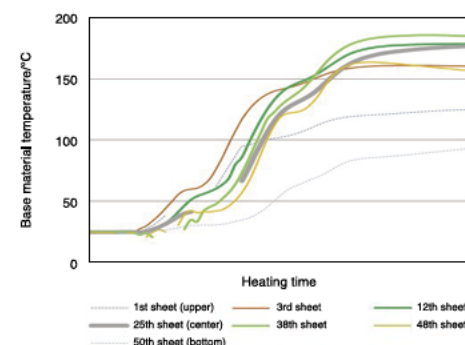


Figure 1 Heating and thickness direction temperature rise profile of carbon fiber woven fabric (200 g / m² 50 sheets laminated)



Figure 2 High speed molding process model verification experiment

We are developing a continuous process capable of impregnating carbon fiber with thermoplastic resin using a DBP to produce high-quality, low-cost thick CFRTP sheets. Here, we describe results of two aspects of this development: "equipment and process development" [①] and "molding technology using DBP" [②].

①With DBP, development was conducted based on the high-speed molding process model devised from the optimum process design. This FY, we developed a continuous preheating process and a process model verification experiment using a high-speed temperature raising device introduced to DBP in 2016.

●Continuous preheating process development

High-efficiency molded CFRTP with high efficiency. We developed a direct heating method that does not depend on the possible thickness direction. An example of the heating experiment is shown in Figure 1. Currently we are developing continuous process equipment using this heating method.

●Process model verification experiment

During process simulation, the process conditions and outputs (temperature and impregnation ratio) were calculated in advance, and the molding experiment was carried out (Figures 2 and 3).

By using material preheating and high-speed temperature raising devices, productivity efficiency improved 1.5 to 2 times, compared to conventional molding speeds. In the future, we will proceed with the continuous preheating process development, further increases the supply temperature to improve process efficiency and achieve manufacturing cost reduction targets.

②In the development of molding technology, molding experiments with a thickness of 6 mm, using a woven, and molding experiments using non-crimp fabrics with better mechanical properties than the woven were carried out. In the future, we aim to improve impregnation quality and productivity, plus the development content of ①.

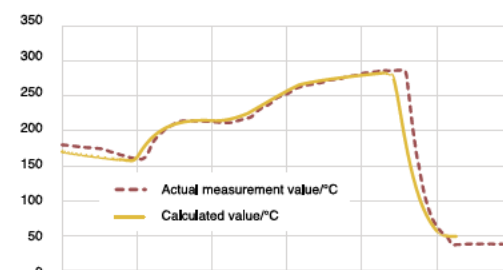


Figure 3. High-speed molding process model verification experiment Temperature profile (0.8 M / min)

CFRPプレス成形モニタリング技術

Characteristic estimation technique during CFRP press-forming process



白井 武広
Takehiro Shirai

上田 久偉
Aisai Ueda

熱可塑性樹脂を利用したCFRPの特徴は、樹脂を再溶融してプレス成形の金型を用いて所望の製品形状に2次加工が出来ることである。しかし、金属や樹脂など構造や物性が等質な材料とは異なり、CFRPを構成する樹脂と繊維構造が不均一でバラツキを伴うため、プレス成形時の加熱温度や荷重などの設定加工条件に対して条件ごとの履歴が常に安定して金型内のCFRP材料に作用しているとは限らず、成形品の外観や機械特性にバラツキが伴う課題がある。本研究テーマでは、プレス成形金型に温度や圧力、変位などの各種センサを取り付けてプレス成形加工中の計測を行い、各センサ情報をパターン認識などの手法を用いて成形金型内のCFRP材料にどのような履歴が作用しているか観察、解析を行うプレス成形中の状態監視技術の開発、さらには成形品の品質推定まで行える技術の開発を目的としている。

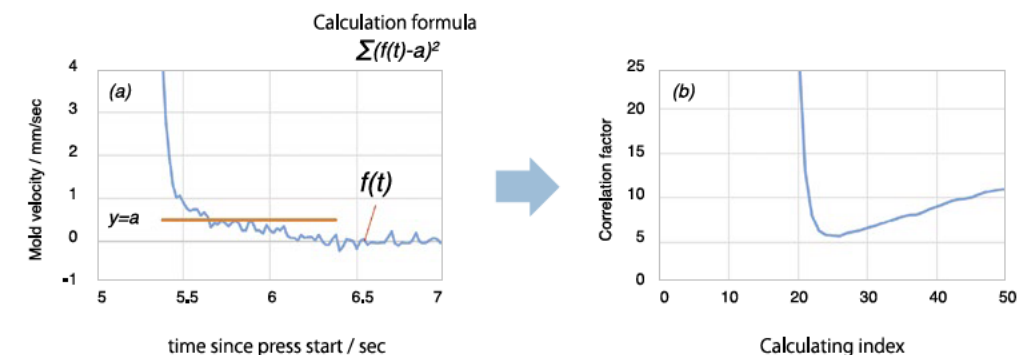
2017年度は、プレス成形中に時々刻々と変化する金型内樹脂圧力、温度、変位の各センサ計測値変化の挙動が、プレス成形時の加熱温度や荷重などの成形条件に対する変化について数値化による比較解析手法の検討を行った。具体的な方法は、(a)金型変位センサによる金型速度のチャートが不連続であることに注目し、チャートの不連続の度合いがプレス成形の設定荷重や加熱温度で異なる結果であることから、(b)チャート変化を差分処理することで不連続の度合いを数値化し、プレス成形条件の設定値とプレス成形中の金型速度変化を数値で比較、処理が出来る方法について検討を行った。

今後はこの手法を発展させ、異なるプレス成形条件でデータ蓄積を行い、パターン認識による解析を行う。

One feature of thermoplastic resin CFRP is its ability to perform secondary processing. Resins can be formed into a desired product shape by re-melting them with a press-forming mold. However, unlike metals and resins having uniform physical properties, the press process conditions (e.g., heating temperature and press load) are not always the same press state history, because the structure of the resin and fibers in CFRP is not uniform and stable. Thus, there is a problem that the appearance of the formed product and the quality of the mechanical properties are not stabilized, because they are not always acting stably on the product. In this in mind, we attached various sensors for temperature, pressure, and displacement to the press-forming die, measured the press-forming process, and analyzed using pattern recognition. We aim to develop a state monitoring technology during press-forming and to develop technologies capable of estimating the quality of formed products in the future.

In FY2017, we investigated a method of extracting and analyzing feature quantities from each sensor value change during press-forming against various molding conditions, such as heating temperature and load-of-press forming. Thus, we focused on the fact that the discontinuous shape appeared in charts (a) of the mold displacement sensor at the set load of the press and heating temperatures. The degree of the discontinuity was numerically converted via difference processing. We also studied a method to recognize mold velocity change patterns. (b)

In the future, we will advance this method, accumulate data under different press-forming conditions, and analyze pattern recognition.



(a) : the mold velocity chart. (b) : the chart showing the calculated feature quantity of the mold velocity change from the result (a).

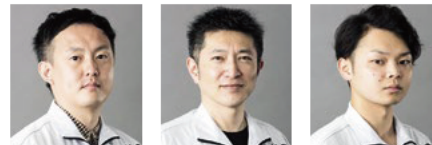
引抜成形技術に関するICCの取組み

ICC's research activities as for pultrusion molding technology

引抜成形技術とは、引抜機を用いてFiber Reinforced Plastic (FRP) などの連続成形を行う技術である。例として、ガラス繊維の連続繊維基材をビニルエステル樹脂で満した槽に通すことで含浸させる。その後、金型内に引き込むことで、賦形しながら加熱→硬化の工程による成形方法である。引抜成形により連続的に同形状のFRPの成形が可能となる。

ICCでは2018年度からの新しい取組みとして、連続引抜成形技術を用いた、熱可塑性樹脂に絞込んだFRPストランドロッド材の成形加工の検討を開始する。その一環として引抜成形装置（株式会社神戸製鋼所製）を導入した。装置の構成は、押出機、ロービングヒーター、含浸ヘッド、水槽、引抜機が一体となったシステムであり、全長が13mと大型である。次に、FRPストランドロッド材作製の工程を示す。押出機内で加熱により溶融した樹脂を押出して含浸ヘッドの槽に満たし、ロービングヒーターにより温められたガラス繊維を投入することで溶融した樹脂が繊維内部に含浸する。樹脂が含浸したストランドロッド材をダイに通しながら、引抜機によって引抜くことで成形できる。装置の最大の特徴は、引抜機のニップローラーの角度が可変できることである。角度をつけて引抜くことでロッド材に撓りがかかる構造となっている。撓りをかけながら引抜くことで、繊維の毛羽立ちを抑えることと、高速成形が可能になる。最大引抜速度は90m/minとなっている。ICCでは、FRPロッド材の引抜成形技術について、高速成形かつボイドレスな「高速含浸連続引抜成形プロセス」の構築を目標としている。目標の早期達成のために装置の改良や樹脂の選定と改質を行う予定である。

Pultrusion molding technology applies a technique of performing continuous molding (e.g., FRPs) using a drawing machine. For example, a continuous fiber substrate of glass fiber can be impregnated by passing it through a tank filled with vinyl ester resin. Thereafter, it is drawn into a mold, and is heated and cured while shaping. FRP molding of the same shape can be continuously performed via pultrusion. As a new initiative from FY2018, ICC will begin studying the molding process of FRP strand rod material, narrowed to thermoplastic resin using continuous pultrusion molding technology. Thus, a pultrusion molding apparatus (manufactured by KOBE STEEL, Ltd.) has been introduced. The configuration of the device is a system that integrates an extruder, a roving heater, an impregnation head, a water tank, and a drawing machine. Its overall length can be as large as 13 m. Next, a process of manufacturing an FRP strand rod material is shown. The resin is melted by heating it in an extruder. Then, it is extruded to fill the tank of the impregnation head. The glass fiber is warmed by the roving heater and is poured, whereby the molten resin is impregnated into the fiber. A rod can be formed by pulling it out with a drawing machine while passing the resin-impregnated strand through a die. The greatest feature of the device is that the angle of the nip roller of the drawing machine can be varied. It is structured such that the rod material is twisted by pulling it out at an angle. By pulling it out while twisting, it is possible to suppress fiber fluffing. Thus, high speed molding becomes possible. The maximum withdrawal speed is 90 m/min. ICC aims to construct high-speed molding and voidless "high-speed impregnation continuous pultrusion molding process" on FRP rod material pultrusion technologies. We plan to improve the equipment and select and reform resins to achieve the goal early.



上田 久偉
Hisai Ueda

乾 伸晃
Nobuaki Inui

松本 大輝
Hiroki Matsumoto



Figure1. pultrusion machine

RTMの多様な成形加工

Various molding processing of resin-transfer molding (RTM)

RTM成形用の炭素繊維チョップドテーププリフォームの開発

経済産業省支援の戦略的基盤技術高度化支援事業（サポイン事業）の支援で研究開発を行ったResin Transfer Molding (RTM)用の炭素繊維プリフォーム基材を紹介する。本事業は、プロジェクトリーダー：テックワン株式会社、サプリーダー：共和工業株式会社、石川県工業試験場および、金沢工業大学の連携で実施した。

RTM成形では、ドライの繊維基材を目的製品形状に賦形させたプリフォームを作製する。一般的なプリフォームは図1に示すように連続繊維のマルチアキシャル基材から作製するが、問題点として成形品形状に切り出す時の端材ロスと複雑な形状に追従できないことである。本事業で開発したプリフォームは、一定長さに裁断した炭素繊維ドライテープ片をランダムに積層してバインダーで固定し、端材ロスが少なく生産性に優れるため、材料コストを低減できると共に、賦形性が高く複雑形状への適用が可能である（図2）。本事業で開発したプリフォームとHP-RTM成形品の写真を図3に示す。

CNF大物部材の試作・評価

RTM成形により、トヨタ86向けのCNF製エンジンフードのアウトパネル等の大物部材の試作と評価を金沢工業大学、トヨタテクノクラフト（株）で行った。

RTM成形法により、大物部材を試作し、成形および大物部材の基本物性を評価した。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（図4）の試作を行った。従来品と比較して30%程度の軽量化が確認できた。RTM工法が、CNFを使用した際でも大物部材を作る方法であることを初めて実証した。

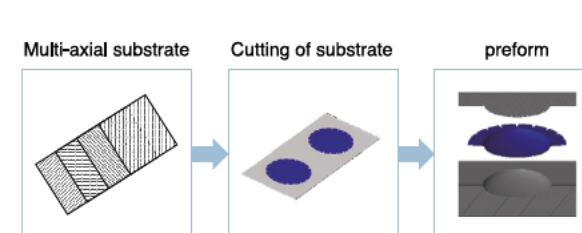


Figure 1. General multi axial substrate preform

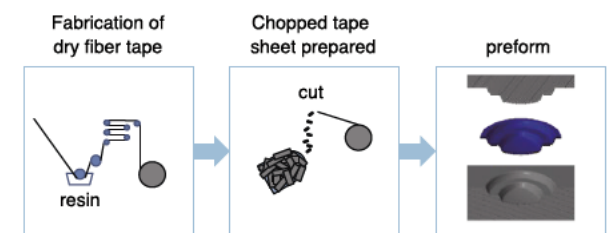


Figure 2. carbon fiber chopped tape preform was developed

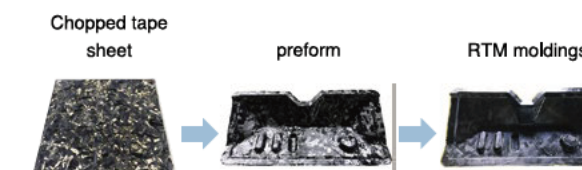
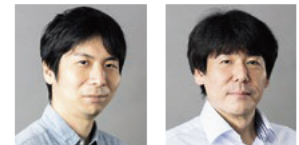


Figure 3. Photograph of chopped tape reform and HP-RTM molded product



石田 応輔
Osuke Ishida

附木 貴行
Takayuki Tsukagaki

Development of carbon fiber chopped tape preform for RTM

Within the supporting industry project (H27-29), supported by the Ministry of Economy, Trade and Industry, a novel preform consisting of chopped carbon fiber tapes was developed for RTM. The project was conducted in collaboration with industry. Members were TEC ONE Co.,Ltd., KYOWA INDUSTRIAL Co.,Ltd., Industrial Research Institute of Ishikawa and Kanazawa Institute of Technology.

Preform is dry fiber reinforcement that is pre-shaped to its final specification prior to the RTM process. It is generally fabricated from multi-axial continuous fiber reinforcements in Figure 1 but problems are material loss and low formability. New preform is fabricated by cutting dry fiber tapes into pieces and laying up them randomly with a binder, as shown in Figure 2. The new preform shows high productivity, low material loss and high formability for complex shapes. Figure 3 shows images of the developed preform and the RTM process.

Prototyping and evaluation of CNF large parts

Kanazawa Institute of Technology, TOYOTA TECHNO CRAFT Co., Ltd. trial production and evaluation of large parts, such as outer panels of CNF engine hoods for the Toyota 86 by RTM. Experimental production of large parts by the RTM method and evaluation of basic physical properties of molding and large parts are shown below. An engine hood (Figure 4) for a Toyota 86 was test manufactured using the RTM process to impregnate a CNF sheet with epoxy polymer. A weight reduction of around 30 % was achieved, compared to the conventional part. This verified for the first time that the RTM process can be a method for creating large parts, even when using CNFs.



Figure 4. CNF-derived engine hood

X線CT画像を用いた繊維配向解析技術

Fiber orientation analysis technique using X-ray CT images

白井 武広
Takehiro Shirai

CFRPなどの樹脂繊維複合材料成形品の機械特性は、成形品内部の繊維状態や空隙の有無など内部構造に大きく依存する。X線CTは、CFRP内部の繊維や樹脂構造を3D画像データで観察することが出来る検査装置で、さらに画像解析により繊維の配向角度、曲がりなどの状態などを計測することが出来る。

X線CT装置を用いた研究テーマとしては、チップ形状のCFRP片を積層したランダムシートの繊維配向の解析や、CF密度の解析などを行っており、ランダムシートは高い賦形性だけでは無く繊維配向角度を制御することで任意方向に機械特性を配向することが出来る特徴がある。この開発過程において設計した繊維配向に対して実際に積層された繊維配向を観察して、機械特性を評価することは重要である。繊維配向の解析は、繊維形状を模したテンプレートモデルを用いて円錐状にスキャンし、テンプレートと一致する繊維を選択して繊維形状の抽出を行う。この手法で抽出した繊維の位置座標から、繊維の配向角度、長さ、うねりなどのパラメータを計算で求めて繊維配向分布が得られる。その解析結果例を図1に示す。左図より(a)X線CT撮影画像と(b)繊維抽出結果画像、そして右図は(c)繊維配向を色分けして示した画像である。得られた繊維配向分布の結果と、実際のサンプルによる機械特性の結果を比較した結果、繊維積層方向に対して垂直方向への繊維配向角度分布が大きい試験体が引張強度の値が小さくなる結果が得られ、試験体の繊維配向分布と機械特性との関係を得ることが出来た。

炭素繊維密度の解析は、成形条件の評価や機械特性の発現など多くの評価内容において重要な項目である。繊維密度の分布は、試験体断面内の炭素繊維を画像抽出した後、繊維中心座標から隣接する炭素繊維間の距離を求めて試験体断面の繊維密度の分布を得た。その解析結果を図2に示す。左図が繊維間距離を色分けして試験体断面にマッピングした結果、右図が繊維間距離を試験体厚さ方向に対して示した3Dヒストグラムである。こうして得た繊維密度の分布は、プレス成形などの2次加工において形状が変化した部分の繊維配置状態の変化など、機械特性評価だけでは得られない微細な構造変化の解析により、成形加工条件の最適化を行うことが可能となる。

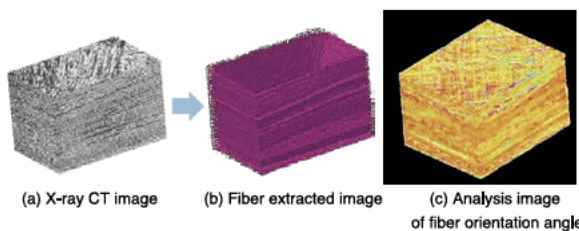


Figure 1. Analysis of fiber orientation

The mechanical properties of fiber resin composite materials, such as CFRP, are largely dependent on the fiber orientation, shape, and internal structure (e.g., voids). X-ray computer tomography (CT) is inspection equipment that can analyze fiber orientation and shaping states by analyzing images from photographs of the fiber and resin structures in CFRP, using 3-dimensional (3D) image data.

Our research subject, using X-ray CT, analyzed fiber orientation and density of a random sheet laminated as chip-shape CFRP pieces randomly orientation. The random sheet not only had high formability for 3D shapes, but it also featured mechanical property controls in arbitrary via the fiber orientation angle. Moreover, it is important to evaluate the mechanical properties by observing the stacked-fiber orientation. The fiber orientation analysis method is a technique of scanning a template in a circular shape and selecting matching fibers (a–b). We calculated the fiber orientation distribution using parameters such as fiber orientation angle, length, waviness, etc., from the position coordinates of the extracted fiber image (c) (Figure 1). As a result of comparing the calculated fiber orientation distribution and the actual measured mechanical properties, the tensile strength value becomes smaller in the test specimen having a larger fiber orientation angle distribution in the direction perpendicular to the fiber direction. Thus, we have found the relationship of fiber orientation distribution and the mechanical properties of the test specimen.

It is important to analyze the carbon fiber density when evaluating molded products and mechanical properties. The analysis method of fiber density distribution is a method of extracting the carbon fiber shape from a cross-section X-ray CT image and computing fiber density distribution by calculating distance between adjacent carbon fibers from fiber center coordinates (Figure 2). From the computed fiber density distribution in this method, we can analyze fine structural changes that cannot otherwise be obtained by mechanical property evaluation, such as changes in the fiber arrangement of the part whose shape changed during press formation. Thus, it is possible to optimize press molding conditions.

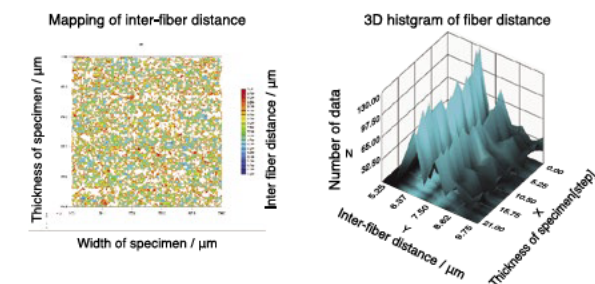


Figure 2. Analysis of inter-fiber distance

平成 29 (2017) 年度 : Achievemnt in FY 2017

著 書

1. Haruo Nishida, Keisaku Yamashiro, Takayuki Tsukegi, Biomass Composites from Bamboo-Based Micro/Nanofibers, Handbook of Composite from Renewable Materials, Nanocomposites:Science and Fundamentals, Volume 7, Pages 339-361, Jul. 14, 2017.

論 文

1. 鶴澤 潔、斉藤 義弘、保倉 篤、土木・建築分野への複合材料利用—先進材料と革新製造技術による新たな取り組み—、土木学会論文集A1、Vol.73, N05, ,II_1-II_9, May, 31, 2017.
2. Etsuro Sugimata, Hisai Ueda, Wataru Kuriyama, Wataru Okumura, Mitsugu Kimizu, Mitsuhiro Taka, Daisuke Mori, Kiyoshi Uzawa, Formability of Braided CFRTF Cylindrical Pipe in Pipe Bending, Journal of Textile Engineering, Vol.63 No.2, 49-54, Jul. 14, 2017.
3. Kazuaki Ninomiya, Megumi Abe, Takayuki Tsukegi, Kosuke Kuroda, Masaaki Omichi, Kenji Takada, Mana Noguchi, Yota Tsuge, Chiaki Ogino, Kentaro Taki, Tetsuya Taima, Kiyoshi Uzawa, Kenji Takahashi, Ionic liquid pretreatment of bagasse improves mechanical property of bagasse/polypropylene composites, Industrial Crops and Products, Volume 109, Pages 158-162, Dec. 15, 2017.
4. Hiroki Sakai, Kosuke Kuroda, Shiori Muroyama, Takayuki Tsukegi, Ryohei Kakuchi, Kenji Takada, Ayano Hata, Ryosuke Kojima, Tomoki Ogoshi, Masaaki Omichi, Kazuaki Ninomiya & Kenji Takahashi, Alkylated alkali lignin for compatibilizing agents of carbon fiber-reinforced plastics with polypropylene, Polymer Journal, 50, 281-284, Dec. 22, 2017.
5. Kazuaki Ninomiya, Megumi Abe, Takayuki Tsukegi, Kosuke Kuroda, Yota Tsuge, Chiaki Ogino, Kentaro Taki, Tetsuya Taima, Joji Saito, Mitsugu Kimizu, Kiyoshi Uzawa, Kenji Takahashi, Lignocellulose nanofibers prepared by ionic liquid pretreatment and subsequent mechanical nanofibrillation of bagasse powder:Application to esterified bagasse/polypropylene composites, Carbohydrate Polymers, Volume 182, Pages 8-14, Feb. 15, 2018.
6. 古澤 佳樹、斉藤 博嗣、田中 基嗣、金崎 真人、金原 勲、CFRP積層板の0°/45°層間におけるモードI 静的層間破壊じん性の評価、日本複合材料学会誌、Vol.44 No.4, Accept.
7. 古澤 佳樹、斉藤 博嗣、田中 基嗣、金崎 真人、金原 勲、CFRP積層板の0°/45°層間におけるモードII 静的層間破壊じん性の評価、日本複合材料学会誌、Accept.
8. Takatoshi Ueda, Takumi Matsumoto, Manato Kanesaki, Hiroshi Saito, Kiyoshi Uzawa and Isao Kimpara, Effects of Repair Temperature and Duration in Thermal Fusion Bonding on Interlaminar Shear Strength of Delaminated CF/PA6 Laminates, Advanced Experimental Mechanics, Vol.3, Accept.
9. 金崎 真人、北口 尚紀、西川 雅章、北條 正樹、融点近傍におけるCF/PA6一方向板の粘度と流動特性の関係、日本複合材料学会誌、Accept.

講 演

1. 鶴澤 潔、「土木・建築分野への複合材料適用技術」—先進材料と革新製造技術による新たな取り組み—、第1回マテリアルサイエンス系セミナー、北陸先端科学技術大学院大学、能美市、石川県、May. 2, 2017.
2. 鶴澤 潔、「どのような材料を使いますか？ どうやって作るのですか？」、平成29年FRP入門講習会、日本大学理工学部、千代田区、東京都、Jun. 28, 2017.
3. 鶴澤 潔、「FRPはこれからどうなりますか？」、平成29年FRP入門講習会、日本大学理工学部、千代田区、東京都、Jun. 28, 2017.
4. 鶴澤 潔、「最新の活動成果と今後の展望について」、COIプログラム事業成果中間報告会、JST東京本部、千代田区、東京都、Jul. 10, 2017.
5. 附木 貴行、「竹繊維由来のセルロースマイクロ～ナノファイバー」、17-1 高分子学会講演会、東工大蔵前会館 ロイヤルブルーホール、目黒区、東京都、Jul. 13, 2017.
6. 鶴澤 潔、「金沢工大COIについて」、JST理事長記者説明会、JST東京本部別館、千代田区、東京都、Jul. 27, 2017.
7. 鶴澤 潔、「利用拡大大期における成形特性と製造プロセスの適合化の取り組み」、ESI 複合材解析セミナー、品川インターシティ、港区、東京都、Sep. 5, 2017.
8. Kiyoshi Uzawa, 「Innovative application technology of composites using thermoplastic epoxy resin and its molding technology」, 2nd International Conference on Advances in Mechanics of Composite Materials and Structures,Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon, KOREA, Oct. 23-25, 2017.

平成 29 (2017) 年度：Achievemnt in FY 2017

9. 鵜澤 潔、「樹脂特性と成形プロセスの適合化による複合材料の利用拡大動向」、IPF Japan 2017先端技術セミナー、幕張メッセ 国際展示場1ホール内 セミナー会場B、千葉市、千葉県、Oct. 26, 2017.
10. 鵜澤 潔、「利用拡大に向けた樹脂特性と成形プロセス適合化技術とICCの取り組み」、日本機械学会 北陸信越支部 特別講演会、金沢工業大学 扇が丘キャンパス、野々市市、石川県、Nov. 15, 2017.
11. 鵜澤 潔、「異分野・異業種の産学官連携を通じた技術融合による複合材料開発のアドバンテージと展望～ICCのオープンイノベーションと広域連携による複合材料の創成と創生～」、TECHBiz EXPO2017第9回産総研軽量構造材料シンポジウム、名古屋市中心企業振興会館 吹上ホール、名古屋市、愛知県、Nov. 16, 2017.
12. Kiyoshi Uzawa, Application & Trend of Forming & Joining Technology of Fiber Reinforced Thermo Plastics (FRTP) in Japan、「第32回台日工程技術研討会」METS32、高雄市、台湾、Nov. 19-24, 2017.
13. 附木 貴行、「リアクティブプロセッシングによるバイオマスの高性能複合材料への展開」、化学工学会(中国四国・関西支部 共催)支部大会 金沢大会2017、金沢商工会議所会館、金沢市、石川県、Dec. 7, 2017.

口頭発表(抄)

1. 杉俣 悦郎、石田 応輔、布谷 勝彦、附木 貴行、上田 久偉、齋藤 謙司、長谷部 裕之、森 大介、鵜澤 潔、サイジング剤熱処理が炭素繊維とPA6マトリックス樹脂界面の接着強度に及ぼす影響、日本複合材料学会第42回複合材料シンポジウム、東北大学 青葉山キャンパス、仙台市、宮城県、Sep. 14, 2017.
2. 上田 隆利、松本 拓海、金崎 真人、斉藤 博嗣、鵜澤 潔、金原 勲、CF/PA6積層板の層間はく離修復部における熱融着温度と破壊形態の関係性、日本複合材料学会第42回複合材料シンポジウム、東北大学 青葉山キャンパス、仙台市、宮城県、Sep. 15, 2017.
3. 神田 恭宗、田中 基嗣、大澤 直樹、斉藤 博嗣、金崎 真人、大澤 敏、大気圧プラズマ処理したCF/PPにおいて巻取装置によるテンション制御が繊維直角方向引張強度に及ぼす影響、日本複合材料学会第42回複合材料シンポジウム、東北大学 青葉山キャンパス、仙台市、宮城県、Sep. 15, 2017.
4. 手島 駿、大澤 直樹、田中 基嗣、金崎 真人、斉藤 博嗣、大澤 敏、大気圧プラズマによる炭素繊維/熱可塑性樹脂複合材料の界面制御－熱処理とプラズマ処理併用の効果－、平成29年電気学会 基礎・材料・共通部門大会、室蘭工業大学、室蘭市、北海道、Sep. 19, 2017.
5. 附木 貴行、佐々木 大輔、西田 治男、リアクティブプロセッシングによるiPP-PAAを利用したバイオマスの解繊とコンボジット化、第66回高分子討論会、愛媛大学 城北キャンパス、松山市、愛媛県、Sep. 22, 2017.
6. Takatoshi Ueda, Takumi Matsumoto, Manato Kanesaki, Hiroshi Saito, and Isao Kimpara, Evaluation of shear strength and repairing temperature and time at delamination for thermal fusion bonding in CF/PA6 Laminates, 12th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, Kanazawa Kagekiza, Kanazawa, Ishikawa, Nov. 4, 2017.
7. Osuke Ishida, Junichi Kitada, Katsuhiko Nunotani, Kiyoshi Uzawa, IMPREGNATION BEHAVIOR OF CARBON FIBER FABRIC UNDERNEATH THE ROLLERS IN DOUBLE BELT PRESS, JISSE-15, Tokyo Fashion Town Bldg, Koto-ku, Tokyo, Nov. 28, 2017.
8. Kazuo Sato, Kiyoshi Uzawa, Yoshihiro Saito, Junji Tanaka, CONSIDERATION REGARDING WAYS TO ACCELERATE USE OF COMPOSITE MATERIALS IN B&I FIELDS, JISSE-15, Tokyo Fashion Town Bldg, Koto-ku, Tokyo, Nov. 29, 2017.
9. Katsuhiko Nunotani, Kiyoshi Uzawa, SIMULATION APPROACH FOR THE BEND-FORMING OF THE CFRTP, JISSE-15, Tokyo Fashion Town Bldg, Koto-ku, Tokyo, Nov. 29, 2017.
10. Manato Kanesaki, Hiromichi Akimoto, Yasuhiro Takata, Kiyoshi Uzawa, APPLICABILITY AND MANUFACTURING COST OF CONTINUOUS MOLDING CFRTP FOR FLOATING OFFSHORE VERTICAL AXIS WIND TURBINE BLADE, JISSE-15, Tokyo Fashion Town Bldg, Koto-ku, Tokyo, Nov. 29, 2017.
11. Hiroyuki Hasebe, Etsuro Sugimata, Joji Saito, Daisuke Mori, Osuke Ishida, Katsuhiko Nunotani, Takayuki Tsukegi, Hisai Ueda, Kiyoshi Uzawa, EFFECT OF INTERFACIAL STRENGTH OF CARBON FIBER AND POLYAMIDE 6 RESIN BY HEAT-TREATMENT OF SIZING AGENT, JISSE-15, Tokyo Fashion Town Bldg, Koto-ku, Tokyo, Nov. 29, 2017.
12. 植村 公彦、布谷 勝彦、鵜澤 潔、CFRTP接合における超音波溶着プロセス管理手法の研究、第9回日本複合材料会議(JCCM-9)、同志社大学 京田辺キャンパス、京田辺市、京都府、Mar. 2, 2018.
13. 上田 隆利、小嶋 夏希、金崎 真人、斉藤 博嗣、鵜澤 潔、金原 勲、複数回の加熱に伴う熱履歴がCF/PA6積層板の層間せん断強度に与える影響、第9回日本複合材料会議(JCCM-9)、同志社大学 京田辺キャンパス、京田辺市、京都府、Mar. 2, 2018.
14. 白井 武広、上田 久偉、鵜澤 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、第9回日本複合材料会議(JCCM-9)、同志社大学 京田辺キャンパス、京田辺市、京都府、Mar. 2, 2018.
15. 神田 恭宗、田中 基嗣、大澤 直樹、斉藤 博嗣、金崎 真人、大澤 敏、大気圧プラズマ処理したCF/PPにおけるテンション量の最適化、日本機械学会北陸信越支部第55期総会・講演会、福井工業大学 福井キャンパス、福井市、福井県、Mar. 3, 2018.

平成 29 (2017) 年度：Achievemnt in FY 2017

ポスター発表(抄)

1. Takayuki Tsukegi, Keisuke Sakakibara, Kouhei Sakai, Osamu Yoshimura, Kiyoshi Uzawa, Daisuke Sasaki, Study on interfacial shear strength of recycled CF/PP with iPP-PAA, The 9th The International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Materials (ISFR), Czech Republic, Ostrava, Jul. 10, 2017.
2. Kohei Sakai, Takayuki Tsukegi, Yukito Fuji, Norio Nagasawa, Yoshihiro Usui, Tomomi Ozawa (+Osamu Yoshimura), Study on solidification/molding technology of seedling soil for cell molding using biomass-derived polymer, The 9th The International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Materials (ISFR), Czech Republic, Ostrava, Jul. 10, 2017. "Young Scientists Prize"
3. 阪井 康平、附木貴行、藤井 幸人、長澤 教夫、白井 義彦、小澤 智美、吉村 治、バイオマス由来高分子を用いたセル成形用育苗培土の固化・成形技術に関する研究、第6回グリーンケミストリー研究会シンポジウム、崇城大学 池田キャンパス 本館6階 学術講演会ホール、熊本市、熊本県、Aug. 3, 2017.
4. Kanda, T., Tanaka, M., Osawa, N., Saito, H., Kanesaki, M., Osawa, S., Effect of Pre-tension Control on Tensile Strength Perpendicular to Fiber Direction in Atmospheric-pressure-plasma-treated CF/PP, The 11th Japan-Korea Joint Symposium on Composite Materials, Tohoku University, Sendai, Miyagi, Sep. 13-14, 2017.
5. Teshima, S., Osawa, N., Tanaka, M., Saito, H., Osawa, S., Kanesaki, M., Effect of low power atmospheric pressure air DBD treatment on interfacial bonding of size-removed CF/PP composites, The 10th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology, Chung Yuan Christian University, Taoyuan, Taiwan, Dec. 16, 2017.
6. 駒谷 直也、伊藤 司、吉村 治、田中 裕之、橋場 洋美、佐々木 大介、附木 貴行、セルロースナノファイバー/リサイクル炭素繊維をハイブリッド複合材料とした力学物性の評価、日本化学会第98春季大会、日本大学理工学部 船橋キャンパス、PB会場(理工スポーツホール)、船橋市、千葉県、Mar. 20, 2018.
7. Sakai Kohei, Tsukegi Takayuki, Shimizu Kazufumi, Ohnishi Asumi, Nagasawa Norio, Serizawa Hiroaki, Yoshimura Osamu, Study on solidification/molding technology of seedling soil for cell molding using biomass-derived polymer, 日本化学会第98春季大会、日本大学理工学部 船橋キャンパス、PB会場(理工スポーツホール)、船橋市、千葉県、Mar. 22, 2018.

特 許

1. Ryohei Kakuchi, Kazuaki Ninomiya, Yoshiki Shibata, Kiyoshi Uzawa, Tomoki Ogoshi, Katsuhiko Maeda, Tomoyuki Ikai, Kenji Takahashi, "Method for producing polysaccharide derivative and lignin derivative", PCT/JP2015/080036, 2015.10.23, 欧州、日本、米国、国内移行済み出願中
2. 岩野 吉宏、石橋 一伸、稻生 隆嗣、神藤 龍仁、鵜澤 潔、影山 裕史、坂口 真実、金崎 真人、“压力容器”、特開2017-096371、2017.6.1、出願中
3. 稻生 隆嗣、神藤 龍仁、岩野 吉宏、石橋 一伸、鵜澤 潔、影山 裕史、坂口 真実、金崎 真人、“タンクの製造方法およびタンク”、特開2017-110669、2017.6.22、出願中
4. 稻生 隆嗣、神藤 龍仁、岩野 吉宏、石橋 一伸、鵜澤 潔、影山 裕史、坂口 真実、金崎 真人、“タンクの製造方法”、特開2017-141947、2017.8.17、出願中
5. 稻生 隆嗣、神藤 龍仁、岩野 吉宏、石橋 一伸、鵜澤 潔、影山 裕史、坂口 真実、金崎 真人、“タンクの製造方法”、特開2017-140809、2017.8.17、出願中
6. 稻生 隆嗣、神藤 龍仁、岩野 吉宏、石橋 一伸、鵜澤 潔、影山 裕史、坂口 真実、金崎 真人、“タンクの製造方法”、特開2017-155768、2017.9.7、出願中
7. 稻生 隆嗣、神藤 龍仁、岩野 吉宏、石橋 一伸、鵜澤 潔、影山 裕史、坂口 真実、金崎 真人、“タンクの製造方法”、特開2017-187153、2017.10.12、出願中
8. 神藤 龍仁、石橋 一伸、岩野 吉宏、稻生 隆嗣、鵜澤 潔、影山 裕史、坂口 真実、金崎 真人、“タンクの製造方法およびタンク”、特許06254564、2017.12.8、登録済
9. 池端 正一、宮田 昌信、森 俊之、小池 昭啓、湯浅 崇之、岸辺 英伸、川越 大樹、小池昭久、越智 寛、高岸 宏至、増田 靖久、関戸 俊英、“集合住宅”、特開2018-3259(P2018-3259A)、2018.1.11、出願中