



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」)は、国際科学イノベーション拠点として設立され7年目を迎えた。2018年には文部科学省の地域科学技術実証拠点整備事業により実証拠点を増築し、オープンな研究開発エリアと秘匿性の高い実証開発エリアが隣接することにより研究開発から社会実装までシームレスに研究開発ができる拠点となった。

今年度はCOVID-19によりICCがロックダウンした期間や感染防止対策による来所者制限によりICCの研究利用者は例年の半分以下年間約1,400人となった。企業研究者が来所できない厳しい環境になったが、DXの拡充、大会議室用(20人規模)のWEB会議システムの構築、リアルからWEB化による利便性向上と内容充実、会員企業限定の技術情報誌新規発行などにより、企業研究者を本学の研究員として受入れる企業数はほとんど減少に至らなかったことが幸いであった。

さらに2020年4月には新たに開始された経済産業省「J-Innovation HUB 地域オープンイノベーション拠点選抜制度」において、ICCは初回選抜された9拠点の中の「国際展開型」として海外及び国内グローバル企業との産学連携活動を積極的に行い、今後の更なる海外展開を目指している拠点として選抜された。

COI STREAM事業においては、令和2(2020)年度はトータル9年間の残り2年となり選択と集中により、特に「FRP補強筋」が代表的なCOI成果の位置付けとして事業化ターゲットをも視野にいたれた客先評価の段階まで進み、成功事例になる直前まで来ている。

COIプログラム終了後、拠点が自立的に継続発展することができ、複合材料の適用拡大に貢献できる「イノベーション・プラットフォーム」を構築するために、3本柱として 1. 複合材料の先端適用技術研究 2. 複合材料の教育拠点機能 3. 複合材料のEngineering支援、を掲げている。教育においては本学附置研との学際的連携も視野に入れ、また企業との連携に対しては「エンジニアリングサービス」すなわち試験、評価から試作まで、製品開発に近いところまでのサービスを提供する仕組みについて大学と協議を重ねている。ICCを中心に技術・人材・資金が循環するイノベーションエコシステムを具体的に実現していくことが喫緊の課題となっている。

The "Innovative Composite Materials Research and Development Center" (hereinafter "ICC"), established by the Kanazawa Institute of Technology (KIT) has entered its seventh year as an international scientific innovation center. In 2018, the demonstration base was expanded by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology as part of its "Regional Science and Technology Demonstration Center Development Project". By linking the open R&D area and the highly secure demonstration area, it became possible to progress seamlessly from R&D to the social implementation. In this fiscal year, the number of ICC research users decreased to approximately 1,400 per year, which is less than half of the average per year, owing to the ICC lockdown and visitor restrictions (as infection prevention measure) caused by the spread of COVID-19 (Coronavirus disease). In harsh environments that corporate researchers could not visit, the ICC has expanded the use of digital transformation tools, improved convenience and content by converting from real to web and published a new technical information bulletin limited to member companies. Consequently, it was fortunate that the number of companies that sent corporate researchers to the ICC hardly decreased.

Furthermore, in April 2020, the ICC was selected as one of the first nine centers to be selected under the newly launched "J-Innovation HUB Regional Open Innovation Center Selection System" by the Ministry of Economy, Trade and Industry, as the base "International Expansion Type" aiming for further overseas expansion in the future.

To establish an "innovative platform" that can continue to develop independently and contribute to the expansion of composite material applications after the COI program ends, the following three main objectives concerning composite materials have been established: (1) research on advanced application technologies, (2) function as an educational center, and (3) support for engineering. In terms of education, interdisciplinary collaboration with our research institutes is considered. In terms of collaboration with companies, the creation of a system to provide "engineering services," (i.e., services ranging from testing and evaluation to prototype and close to product development) is being considered within the university. Concrete realization of an innovation ecosystem in which technology, human resources, and funds circulate around the ICC is an urgent issue.

ICCにおける新型コロナウイルス感染防止対策について Infection prevention measures for COVID-19 in the ICC

2020年1月新型コロナウイルスにより国際的緊急事態宣言が発令された。2月より大学に先駆けICCは独自に職員に対してテレワークすることを推奨することから始まった。そのあと、ICCをロックダウンにさせないためにどのような勤務体制が望ましいかを検討しながら2交代制により研究活動も滞らないようにした。

4月15日より緊急事態宣言が全国に拡大され、6月19日まで大学の方針によりメンバーシップ会員を含め外部の方がICCを利用することができなくなった。6月からは通常勤務に戻り下記の対応を施した。

ウィズコロナ対応(6月以降)

1.テレワーク環境整備:必要な所員PCにカメラマイク取付、Wi-Fiルータの購入

2.ソーシャルディスタンス、3密対策:座席配置を向い合わないように変更。向かい合う机間、会議室机、受付に1.4mHのアクリルパーティションの設置

3.アルコール消毒ポンプの設置:ICC玄関、2階受付、各会議室、トイレ手洗い、設備回り、居室エリア每など立ち寄ることができる各箇所に設置し、使用後のテーブル、共用部階段手摺、ドアノブの1日2回の消毒を実施することとした。

企業との共同研究が滞らない対策

ICCは外部企業との研究活動は生命線であり、来所しなくとも研究が滞らないようにする対策、またより確実な感染防止対策によりウィルスが持ち込まれても濃厚接触によるクラスターになりにくい対策

1.WEB Online化:Surface Hub(50インチディスプレイ)を3台準備し、実験の様子を3カ所からオンラインで中継したり、ホワイトボードで説明するがごとくお互い共有できるなどコロナ禍だけでなく今後の研究活動の1方法にもなり得ることが分かった。

2.所内ゾーニング:幸いICCはオープンな環境でスペースにゆとりがあり、所内をゾーニングすることにより外部の人が入るエリアと職員のエリアを分け動線も重ならない様にできたので、対応者以外の職員が濃厚接触にならないようにできた。対応者はマスクが他から目印となるよう赤色シールをつけ簡易隔離状態とした。完全隔離の部屋も準備はしているもののICC内はオープンな環境で機械換気が十分に働いているので、簡易隔離の人と濃厚接触が発生しないようになっている。

3.他の感染防止機器の増強:体温カメラによる所員、来所者の非接触体温測定、アルコールディスペンサーの1階入口設置により入所時アルコール消毒の意識づけ、CO2メータによる会議室における換気状態監視。

現時点で猛威をふるっているコロナウィルスに対して、人が集まることに制限は受けたもののWEB、オンライン配信により従来よりも距離的、時間的な制約を受けずに研究活動ができることが実践できた効果も大きい。

In January 2020, the WHO declared an international emergency due to COVID-19. Ahead of the university's response, the ICC began acting in February by encouraging its own staff to telework. Thereafter, considering the types of work arrangements desirable to prevent a lockdown in the ICC, research activities were carried out in two shifts. From April 15, emergency measures were implemented all over Japan; to ensure compliance with the measures, outsiders – including membership program members – were not able to access the ICC campus till June 19.

Support for the new normal (after June)

1.Improving the environment for working from home: Attach of cameras and microphones on necessary-staff PCs, purchase of WiFi routers

2.Social distancing, Three Cs (to avoid “Confined spaces”, “Crowded places”, and “Close contact”): Changed the seating arrangement to avoid facing and installing acrylic partitions.

3.Hand sanitizing: Placed hand sanitizers and/or hand washes at the entrance, second floor reception, each meeting room, toilets, facility area, each living area, etc. Tables, stair railings, doorknobs, etc. are sanitized twice a day.

Uninterrupted joint research activities with companies

Research activities with companies are the lifeline of the ICC; therefore, research should not be delayed even if corporate researchers cannot visit the campus. Robust infection prevention measures have been implemented to prevent the spread of virus among clusters, in case even if a single person from the company is infected.

1.WEB Online: The state of the experiment was relayed online from the three prepared surface hubs (50-inch display). It is also possible to share information with each other, as explained on the whiteboard, and it was found that this method is sustainable and can also be used for future research activities.

2.Zoning within the ICC: The ICC has ample space and an open environment; accordingly, the areas for outsiders and staff were separated so that pedestrian traffics do not overlap, and the staff would not come into close contact with anyone other than the attendants. In individual rooms, the attendants were separated from each other, and they were given red stickers to put on their masks so that they could be identified immediately.

3.Other infection prevention equipment: a non-contact thermometer, automatic sanitizer dispenser, and regular monitoring of ventilation in a conference room using a CO2 meter.

Although there were restrictions on the gathering of people owing to the highly contagious coronavirus, the effect of being able to carry out research activities without being restricted by distance and time, compared with the past experiences, through WEB and online distribution, is also workable and favorable.

II 令和2(2020)年度の運営活動

Operating Activities in Fiscal Year 2020



高田 康宏
Yasuhiro Takato



大西 洋輔
Yousuke Onishi



樋口 由美
Yumi Higuchi



山本 一葉
Kazuha Yamamoto



東 久美子
Kumiko Higashi

1 ICC 運営に関する規程の改正

2020年度に改正はなかった。

2 受入研究員の受入れ

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所属の研究員と受入研究員が協力して研究開発を行っている。受入研究員は企業から、メンバーシップ会員として登録され、今年度はコロナ禍により年度内の新規増員がほとんどなかったが48機関59人と昨年度から継続の会員企業が多かった。メンバーシップ会員に対するサービスの一つである毎月ICCにて開催される「メンバーズフォーラム」はコロナ禍によりICCがロックダウンになったためその間開催されず、8月からはWEB開催となった。

3 ICC 利用初期講習の実施・安全活動

上記2の受入研究員とICCの研究利用者には、ICC内における研究活動を行うに際し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。

コロナ禍により初めてICCを利用する人が激減したので、初期講習も実施することが少なく、同様に人が集まる安全活動も自粛したので年度末にようやく「所員一斉4S活動」が実施できた。

→ p39 資料 02

4 特許等

国内で出願した特許において、登録件数が増えてきている。また今年度は外国出願も多かったが、出願した特許を用いる実施フェーズに入っていくと思われる。

→ p39 資料 03

5 外部資金の獲得

2020年度の外部資金は昨年より1割くらい増えている。公的資金のCOI事業費は2割増え、共同研究費も大幅に増えたが大型プロジェクトがスタートしたためであり、逆に共同研究の件数はコロナ禍において大きく落ち込んだ。

民間の資金としてのメンバーシップ費用はコロナ禍にありながらもほぼ昨年を維持することができた。これは、メンバーシップ会員企業に対するサービスである「ICCメンバーズフォーラム」がWEB開催に切り替わり出張せずに参加できることと、より広範囲の講師、内容にできたことが功を奏している。同様にフォーラムが開催されなかったことを補填として始まった「ICC Innovative Edge」(技術情報誌)のホットでタイムリーな記事も提供されている。

1 Amendment to ICC management regulations

There was no revision in FY 2020.

2 Acceptance of researchers

This fiscal year, 59 researchers from 48 institutions were accepted. However, few researchers were newly registered owing to the spread of COVID-19, and most of them were continuous members. The monthly "Members' Forum" for ICC members was not held until July owing to the spread of COVID-19 and was switched to "Web distribution" since August.

3 Implementation of ICC users' initial training and safety activities

Owing to the influence of COVID-19, the number of people using the ICC had decreased sharply, so the number of initial trainings had also decreased. Similarly, ICC staff also avoided the "three Cs," so "4S activities for all staff" could finally be implemented at the end of the fiscal year.

4 Patents

The number of registered Japanese patents and overseas applications both increased. It is expected to proceed to the implementation phase by utilizing patents.

5 Acquisition of external funding

The COI project budget of public funds increased by a little less than 20%, and the joint research funding increased significantly due to the start of a large-scale project. Consequently, the external funds in 2020 increased by approximately 10% from the previous year. However, the number of joint researches decreased significantly because of COVID-19.

On the other hand, the funding of the membership program was maintained almost as it was last year. This was owing to the switch from face-to-face to web-based ICC "Members' Forum" – a service offered to members that allowed them to participate without having to travel to the ICC and to invite a wider range of fields of speakers and enrich the content. In addition, impactful and timely articles from the ICC Innovative Edge (technical bulletin), which was created to compensate for the difficulties in organizing the Forum, were provided.

6 利用者・見学者など

ICCの利用者数は、コロナ禍でICCが約2か月間ロックダウンしたことで、ICCの利用制限が継続してあったため、研究のための入所者(ICC職員は除く)は例年の半分になり、特に見学者は例年の1/10以下になった。本学が定めた「新型コロナウイルス感染拡大防止のための学校法人金沢工業大学活動制限指針」に基づきその時点のコロナ感染状況カテゴリーに従い外部企業との研究活動において県外に出ることもICCに来所することも制限を受けた。

7 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を管理している。2020年度も継続して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、国際共同研究案件において輸出管理上の効率的な進め方についてアドバイスをもらった。

8 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)により整備された施設・設備の利用が進み、貸出施設(レンタルラボ)に1社(丸八株式会社、福井県)が昨年度より継続的に入居して製品開発を社会実装に向け加速させることに使用されている。

9 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～」の重要な事項は次の通りである。令和2(2020)年度はトータル9年間の8年目になり、事業化に至る最終フェーズの2年目にあたり事業ターゲットまでも見据えた社会実装化に向けたフェーズになる。具体的には土木分野におけるFRP補強筋を開発課題とした「研究テーマ1」と基盤技術の開発を「研究テーマ2」として建築分野の耐火性パネル等と革新的素材の開発にテーマを再編し、更なる選択と集中を伴う体制とした。

拠点の運営においてJSTからもCOIプログラム終了後も持続的活動を可能にする資金源の確保が最重要課題と言われ最終フェーズではこれまでの成果や培ってきた技術により、世界で勝るプラットフォームの構築を描き大学本部と運営方針について協議を重ねている。

拠点が自立的に継続発展することができ、複合材料の適用拡大に貢献できる「イノベーション・プラットフォーム」を構築するために、3本柱として1. 複合材料の先端適用技術研究 2. 複合材料の教育拠点機能 3. 複合材料のEngineering支援、を掲げる。教育・研究の面では本学にある関連する分野(機械、化学、土木、建築など)における学科、専攻と連携する「クラスター研究室(仮)」を開く学際的連携や、国際拠点としてのプレゼンスを上げ、海外インターンシップの受入や国際共同研究までも担う。企業に対しては「エンジニアリングサービス」すなわち試験、評価から試作まで、製品開発に近いところまでのサービスを提供可能とする。ICCを中心に技術・人材・資金が循環するイノベーションエコシステムを具体的に実現させるプラットフォームの構築が課題となっている。

6 Users and visitors

The number of external research visitors fell to half of last year's figure, while the number of general visitors fell sharply to one tenth. In accordance with the "Kanazawa Institute of Technology Activity Restriction Guidelines for Preventing the Spread of Coronavirus Infection" established by the University, business trips outside the prefecture and visits from companies to the ICC were restricted in research activities with external companies.

7 Security export trade control

The ICC strictly controls the export of goods and technology under the "Foreign Exchange and Foreign Trade Act."

8 Regional science and technical demonstration center development project

Regarding the use of facilities and equipment developed by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology's "Regional Science and Technology Demonstration Base Improvement Project" (corrected in FY 2016), one company (Maruhachi Corporation, Fukui-Pref., Japan) entered the rental laboratory in FY 2019 to accelerate product development for implementation.

9 Management of the organization for advancement COI research

FY 2020 was the eighth year of the COI program for a total of nine years. For social implementation, the project has been reorganized into two research themes: "Research Theme 1" with FRP rods development in the civil engineering field, and "Research Theme 2" as a fundamental technology development that includes the development of fireproof panels and innovative materials in the construction.

Securing financial resources to enable sustainable activities after the end of the COI program is a top priority. Based on the results and technologies cultivated thus far, and based on the construction of a platform that can win in the world, it has been discussing management policies with the university headquarters during Phase 3.

To establish an "innovative platform" that can continue to develop independently and contribute to the expansion of composite material applications, the following three main objectives concerning composite materials have been established: (1) research on advanced application technologies, (2) function as an educational center, and (3) support for engineering. In terms of education and research, the ICC is establishing "Cluster Laboratory (tentative)", across disciplines such as mechanics, chemistry, civil engineering and architecture, university research institute. It is also accepting overseas internships and collaborating with overseas research institutes to increase its presence as an international hub. For companies, the ICC is providing "engineering services," i.e. testing, evaluation and even prototyping close to product development. Concrete realization of an innovation ecosystem in which technology, human resources, and funds circulate around the ICC is urgent.

III プラットフォームの構築

Deployment of ICC Platform



西原 正浩
Masahiro Nishihara



田中 順二
Junji Tanaka



斉藤 義弘
Yoshitaka Saito



東藤 涼子
Ryoko Toudou



川畑 美智恵
Michie Kawabata

革新複合材料研究開発センター（ICC）は、「国際科学イノベーション拠点」としてアンダーワンルーフのもと産学官連携のオープンアクセス・プラットフォームとしての実績を積み上げてきた。これは主としてCOI事業の実施場所としてきたことによるが、COI終了まで2年となった2020年度は、複合材料の適用拡大に貢献し、イノベーション創出に向けた取組みを自立的・持続的に推進するためのイノベーション・プラットフォームの確立を目指した拠点の機能の充実化・強化を図った。その結果、コロナ禍による出張・対面打合せの制約にも拘わらず、web会議やオンライン展示会出展等の活用により、新規プロジェクトの創出をはじめ2019年度にも劣らぬ充実した活動が可能となった。



メンバーズフォーラム web 開催

1 ICC の産学官連携トピックス

1) 日本-ドイツ国際共同研究プロジェクトの進展

2020年度に契約が成立したICCが企業と取り組む超高速連続生産技術の航空機部材への適用（テーマ名“ThermoPros”）、高性能ナリサイクル炭素繊維の生産と産業適用（テーマ名“HiPeR”）をテーマとする日独の国際共同研究プロジェクトにおいて、日本とドイツ企業・機関によるチーム編成で、共同研究を開始した。具体的には、テーマ毎に日本とドイツ双方のリーダーによる打合を月1回の頻度のweb会議、また日本国内の参画企業や両国の参画企業とのWeb会議などで共同研究を推進した。なお“ThermoPros”概要についてはp.17を参照されたい。

2) メンバーシップ会員向け情報誌“ICC Innovative Edge”発行

メンバーズフォーラムは2020年度にはすべてweb開催として計8回実施した。開催回数に関しては2019年度と同様に2018年度の10回に比して少なく、その補完目的としてメンバーシップ会員への情報誌“ICC Innovative Edge”の配信を開始した。内容は、ICC設立以前より石川県企業に教育活動を頂いた井塚技術士による国内外の技術・市場・製品動向とICCからの技術情報解説との構成で、2020年度は計13号まで発行・配信した。

Innovative Composite Materials Research and Development Center(ICC) has built up a track record as an open access platform for industry-academia-government collaboration under the Under One Roof as an "International Science Innovation Center". This is mainly due to the fact that it has been used as the implementation site for COI project, but in 2020, which is two years until the end of COI, ICC will contribute to the expansion of the application of composite materials and promote efforts for innovation creation independently and sustainably. ICC has enhanced and strengthened the functions of the bases with the aim of establishing an "innovation platform" for this purpose. In 2020 FY, as a result, despite the restrictions on business trips and face-to-face meetings due to Covid-19, it has become possible to carry out as fulfilling activities as in 2019, including the creation of new projects, by utilizing web conferences and online exhibition exhibitions.

1 ICC industry-academia-government collaboration topics

1) Progress of Japan-Germany International Joint Research Project

Concerning application of ultra-high-speed continuous production technology, ICC has signed a contract with CU Nord (formerly CFK Valley) in 2020. The themes are "ThermoPros" for aircraft parts and "HiPeR" for production of high-performance recycled carbon fiber. This international joint research started by forming a team of Japanese and German companies and institutes. Specifically, monthly web conferences with leaders from both Japan and Germany for each theme were held as well as web conferences with participating companies in Japan and participating companies in both countries. Please refer to p.17 for the outline of “ThermoPros” .

2) Publication of "ICC Innovative Edge “ an information bulletin for membership members

The ICC Members Forum was held a total of 8 times in 2020 FY as a web event. As in 2019 FY, the number of meetings was less than the 10 times in 2018 FY. As a supplementary purpose, the information bulletin "ICC Innovative Edge" was started to be distributed to membership members. The content is composed of domestic and overseas technology, market, product trends by Mr. Izuka, who has been educating companies in Ishikawa prefecture before the establishment of ICC, and of technical information commentary by ICC Researchers.

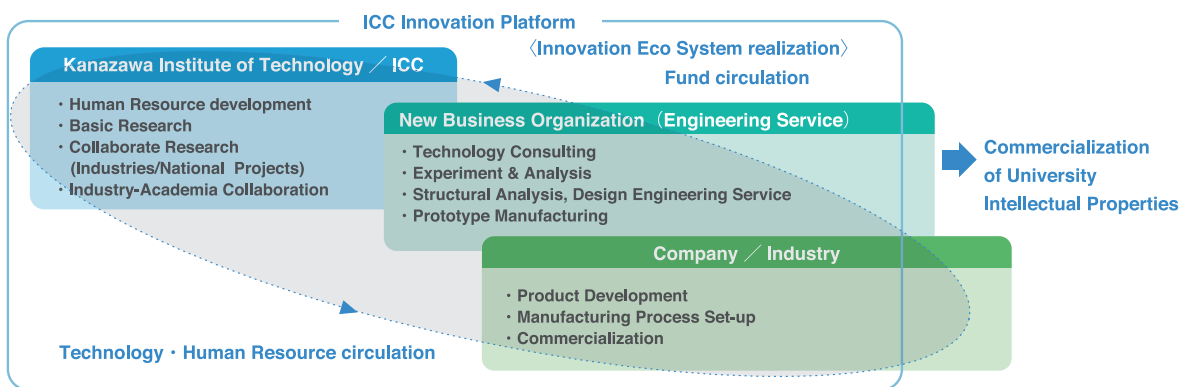
3) J-Innovation Hub

2020年度、ICCは経産省の地域オープンイノベーション拠点選抜制度(J-Innovation HUB、通称イノベ)に応募して第1回選抜拠点(全国9拠点)の一つに選抜された。

このイノベは、人を変える、社会を変える、大学を変えるというCOIの目的の先を見据えたもので、下図のとおり更に充実したICCプラットフォーム体制を計画し、従来の大学の附置研の枠にとられない、産業界から求められている、エンジニアリングサービス(設計・解析業務や評価分析業務、開発委託等)を積極的に提供する体制の構築を目標に応募したものである。これに選抜されたことのメリットの一つとして、産学・産産連携におけるサポイン等の事業への優遇措置等が支援されることが挙げられる。



情報誌“ICC Innovative Edge” 第1号



ICC イノベーションプラットフォーム

2 ICC の産学連携におけるアウトリーチ活動（展示会関連）

新型コロナウイルスに対する緊急事態宣言の影響を受け、多くの展示会やカンファレンスが中止や延期を余儀なくされた。その多くは後日、オンライン形式の開催に切り替え実施された。10月にはドイツにおいて2年ごとに開催される熱可塑性複合材料をテーマとする国際的カンファレンスおよび展示会ITHECが予定されていたが、2020年度は結果的にオンラインで開催された。ICCは連携する日本企業3社と協力しパーチャル展示の他、出展者合同でプレゼンテーションを行った。

また、ICCの他、国内の複合材料の研究開発拠点である名古屋大学NCC、岐阜大学GCCの三つのセンターや地域公設試験

3) J-Innovation Hub In 2020

ICC applied for the Ministry of Economy, Trade and Industry's regional open innovation base selection system (J-Innovation HUB) and was selected as one of the first selection bases (9 bases nationwide). This J-Innovation HUB looks beyond the purpose of COI to change people, change society, and change university. As shown in the figure below, we plan a more complete ICC platform system and put it in the framework of the conventional university's affiliated research institute. The application was made with the goal of building a system that actively offers engineering services (design / analysis work, evaluation analysis work, development consignment, etc.), which are required by industry. One of the merits of being selected for this is that preferential treatment for businesses such as support in industry-academia-industry collaboration is supported.

2 Outreach in the ICC industrial-academia collaboration

Upon the declaration of a state of emergency, owing to the novel Coronavirus disease (COVID-19), exhibitions and conferences were forced to be canceled or postponed at the beginning of the 2020 fiscal year. Many of these events were subsequently converted to virtual online events. In October, ITHEC, which is a biennial international conference and exhibition on thermoplastic composites, was scheduled to take place in Bremen, Germany. The conference was finally held online as the ITHEC 2020 Virtual Edition. Thus, ICC joined the online event with three

場、自治体により構成されるコンボジットハイウェイコンソーシアムは、2017年よりSAMPE先端材料技術展において多くの企業と合同出展を行っている。2020年度はオンライン開催に変更され10月14日より1か月間開催された。29社の企業が出展し、期間中に企業プレゼンテーションを中心とするセミナーも行われた。

さらに11月には、3年に一度開催されるプラスチックやゴム分野の専門家を対象とした国内最大級のものづくり展示会IPF Japanがバーチャル展示会として開催された。2017年度に引き続きICCはメンバーシップ会員の企業、連携するほくりく先端複合材研究会の会員からなる10社の企業と合同出展を行った。

いずれもリアル開催からバーチャル展示会に切り替えられる中、試行錯誤しながらもアピールとネットワーク作りの機会を求める活動となった。



IPF Japan 合同バーチャルブース（部分）

3 2020 年度 ICC の教育活動

ICCでは充実した大型の製造設備や試験評価設備、実習授業が行える実験室や大会議室などを活用し、産業界を対象とするセミナー、ワークショップ、社会人向け講義を行ってきた。さらに現在ICCの産学連携プラットフォームにおける教育活動として、大学との教育面での連携構想が協議されている。

2020年度はコロナ禍の影響を受け、社会人が受講可能な博士前期課程の特別科目「高信頼ものづくり専攻特別講義 複合材料特論Ⅰ・Ⅱ」は社会人の募集を断念した。

一方、可能な限りオンラインを利用して教育活動を再開していった。

8月にはICCと連携する「ほくりく先端複合材研究会」、関西地域の複合材関連企業を中心とする「関西FRPフォーラム」、さらにICCメンバーズフォーラムの三者合同の5回目の講演会をオンライン開催した。また、SAMPE Japanによる企業新人などを対象とする複合材入門講座シリーズでは、全3回のうち1回をICCが担当した。出来るだけ実践的な内容とするため、ICC研究員を中心に成形装置の稼働する様子の動画を含めるなど工夫をこらした内容となった。

さらに、2020年度は海外機関と連携した教育活動もオンラインを利用して行われた。ICCは2017年に台湾のPlastics Industry Development Center(以下PIDC)と協力協定を結んでいる。PIDCは台湾の関係企業向けに年間数十件以上ものセミナーを開催しており、協定の一環としてICCより現地企業の方向けにセミナーが行われた。同セミナーは10月末に午前10時30分から17時30分まで行われ、大変内容の濃い内容となった。



大学院特別講義実習風景

other Japanese companies for a virtual exhibition and a joint presentation in the conference.

The Composites Highway Consortium, which primarily consists of three composites centers in Japan (ICC, NCC at Nagoya University, and GCC at Gifu University), has secured booths for joint exhibitions by related companies at the SAMPE Japan Exhibition since 2017. In 2020, the exhibition was switched to an online event in October and November, and there were 29 exhibitors in the joint-exhibition booths.

In addition, IPF Japan, which is one of Japan's largest triennial manufacturing exhibitions, was held as an online virtual exhibition in November. We approached related companies, and jointly exhibited with ten companies.

In each case, the ICC and the jointly-exhibiting companies sought opportunities to appeal and network through trial and error in such online events, owing to a lack of experience and know-how.

3 Educational activities of the ICC in 2020

The ICC has organized seminars, workshops, and lectures for industry personnel. Its large manufacturing facilities, test and evaluation equipment, and laboratory space were used to enable practical classes and conference rooms.

In 2020, the effects of the Coronavirus disaster forced us to stop accepting applications from working people for the special course "Special Lecture on Composite Materials" in the Master's Course, which is typically open to working people.

However, the ICC resumed its educational activities, using online resources when possible.

In August, the ICC used an online environment to host the fifth joint forum by the "HOKURIKU Advanced Composite Materials Association," the "Kansai FRP Forum," which is mainly composed of FRP-related companies in the Kansai region, as well as the ICC Members' Forum. In addition, the ICC facilitated one of the three lectures in SAMPE Japan's series of introductory lectures on composite materials. To make the online lecture as practical as possible, ICC researchers made special efforts, such as preparing a video of the equipment in operation for the explanation of molding technology.

Educational activities in cooperation with foreign institutions were also conducted online in 2020. In 2017, the ICC signed a cooperation agreement with Taiwan's Plastics Industry Development Center (PIDC) on technology exchange and information sharing in the field of composites. The PIDC organizes dozens of seminars for Taiwanese companies annually, and as part of the agreement, the ICC hosted a seminar for the Taiwanese companies. The seminar took place at the end of October, from 10.30 a.m. to 5.30 p.m., and it was very well attended.

IV 令和 2 (2020) 年度の研究活動 Research Activities in Fiscal Year 2020

- | | |
|----|--|
| 14 | 2020年度の ICC における研究開発の概要 Overview of ICC research activities in FY2020
齊藤 産学連携コーディネーター：Y. Saito Coordinator of Industry-University Collaboration |
| 16 | 2020年度 COI 研究プログラムのトピックス Status of Promotion of COI Research Program in FY2020
関戸 技監 / 教授：T. Sekido Senior Advisory Engineer / Professor、鵜澤 所長 / 教授：K. Uzawa Director / Professor |
| 17 | Composites United（旧 CFK Valley）ドイツ連携について：Thermo Pros プロジェクト
Germany collaboration with Composites United (formerly CFK Valley)：Thermo Pros Project
中島 研究員：M. Nakajima Researcher |
| 18 | パーミアビリティ研究会活動 Group activities for permeability research
漆山 客員教授：Y. Urushiyama Visiting Professor、鵜澤 所長 / 教授：K. Uzawa Director / Professor、
布谷 研究員：K. Nunotani Researcher/ 松本 技師：H. Matsumoto Engineer |
| 20 | 引抜成形を用いた FRP ロッドの開発 Development of FRP rod using by pultrusion
上田・山下 研究員：H. Ueda, H. Yamashita Researcher、乾・松本 技師：N. Inui, H. Matsumoto Engineer |
| 22 | コンクリートと FRP ロッドの付着強度に関する評価 Evaluation of adhesion strength between concrete and FRP rods
保倉・杉俣 研究員：A. Hokura, E. Sugimata Researcher |
| 23 | 炭素繊維強化熱可塑性樹脂スタンパブルシートの連続製造技術の研究 Continuous production technology of carbon fiber reinforced thermoplastic laminate
石田・北田 研究員：O. Ishida, J. Kitada Researcher |
| 24 | 建築向け FRP パネル（耐火構造開発プロセス） FRP panel for construction (Development of the evaluation process for fireproof structure)
中島 研究員：M. Nakajima Researcher |
| 25 | 耐火構造用 FRP マトリックス樹脂の開発 Development of matrix resins for fire-proof structure
西田 研究員：H. Nishida Researcher |
| 26 | プレス成形工程中の材料流動予測に基づく条件最適化手法の検討 Examination of condition optimization by predicting material flow during press molding process
白井・上田 研究員：T. Shirai, H. Ueda Researcher |
| 27 | プレス成形時の金型内流動挙動観察とシミュレーションへの応用 Observation of material flow behavior in dies during press molding and application to simulation
白井 研究員：T. Shirai Researcher |
| 28 | CFRTP の新しい AFP プロセスのための PES/ 電子硬化性樹脂システムの開発 Development of PES / electro-curable resin system for CFRTP's new AFP process
西田・稲垣・山下 研究員：H. Nishida, M. Inagaki, H. Yamashita Researcher |
| 30 | マトリックス樹脂と溶融一体化する廃棄レスなフローメディアの開発 Development of waste-free flow media that can be melt-integrated with matrix resin
稲垣 研究員：M. Inagaki Researcher/ 堀・乾・佐久間・松本・埜口・橋本 技師：M. Hori, N. Inui, T. Sakuma, H. Matsumoto, S. Noguchi, K. Hashimoto Engineer |
| 31 | 部分曲げ加工におけるシワ形態とその破壊挙動 Wrinkle configurations and its fracture behavior through the partial bend-forming
布谷 研究員：K. Nunotani Researcher |
| 32 | 配電設備のより線と巻き付けグリップへの CFRTP の適用
Study of the use of CFRTP for stranded wire and winding grips of electric power distribution equipment
植村・保倉 研究員：K. Uemura, A. Hokura Researcher/ 埜口 技師：S. Noguchi Engineer |
| 33 | CFRTP スtrand の用途拡大に向けた端部定着構造の開発 Development of end fixing structure for expanding the use of CFRTP strands
高岩 研究員：Y. Takaiwa Researcher |
| 34 | 令和 2 (2020) 年度の成果：Achievements in FY 2020 |
| 36 | ICC メンバーシップ会員における産学連携活動の成果
Outcomes from Industry-Academia collaboration activities among ICC membership program
＊津田駒工業株式会社 TSUDAKOMA Corp.
＊石川樹脂工業株式会社 Ishikawa Jyushi Co., Ltd.
＊大同工業株式会社 DAIDO KOGYO CO., LTD. |

2020年度のICCにおける研究開発の概要

Overview of ICC research activities in FY2020



斉藤 義弘
Yoshihiro Saito

本年度のICCにおける研究開発については、新型コロナウイルスの感染拡大により人の動きが制限され、また企業の研究開発予算の削減等もあり厳しい状況であった。そうした中、Webを活用した会議やオンラインセミナー、バーチャル展示会の実施等、移動時間の制約なくコミュニケーションが容易に取れるメリットもあり、新たな活動スタイルが定着した1年となった。

研究内容については、今年度もCOIの活動を中心として各種の研究開発に取り組むことができた。

まずCOIについては残り2年の実施期間となり、最終年度は成果の取りまとめや外部への成果発信が主な活動となるため、本年度が研究実務としては最終年度ともいえる。今年度の成果としては、FRP筋の開発では、耐アルカリ性の対策に目途がつき主な技術的な課題は解決したことから、企業への技術移転、量産設備の検討段階へと進んでいる状況である。もう一つの柱である建築向けFRPパネルについては、耐火性能に関しこれまでに取組まれていない高温領域でのFRPの性能評価を可能にする大型高温試験装置を設計・製作し、ICCに設置できたことは、今後建築分野へのFRPの適用を進めるための大きな後押しとなる。また樹脂そのものの耐熱性向上として、 T_g が250°Cを超え、かつ80°Cで硬化可能なマトリックス樹脂や、500°Cでも載荷性能を有するセミオーガニック樹脂について、樹脂そのものの開発には目途が立ち、コンポジット化する成形技術、性能評価へ進む段階となっている。

COIの連携プロジェクトについても多くの進展が見られた。サンコロナ小田(株)が製品化したランダムシート「Flexcarbon®」では、(株)アシックスのピン無しスパイクへの適用でJEC World Innovation Awardsや繊維合繊賞(ニューフロンティア部門)を受賞するなど、多くの評価を得て適用が進んでいる。またアプリケーションへの適用と並行して、プレス成形時における金型内の材料流動をセンシングし、そのデータから流動解析やプレスモーションへのフィードバック制御など、成形メカニズムの解明とデジタルツインの実用化に向けた取組みも進展している。

長尺構造部材の成形技術の展開では、Composites United e.V.(旧CFK-Valley)との連携による日独国際共同研究で、航空機の構造部材の高速成形技術や、世界で初となるリサイクル材の航空機への適用に加え、eコマースで需要が拡大している中型トラックの軽量化を目的にした開発も本格化している。



Figure 1. Thermoplastic resin impregnation system for UD Tape using ultrasonic wave

ICC's research and development this year faced a difficult situation due to the Covid-19 pandemic, which restricted the movement of people and forced companies to reduce their R&D budgets. However, the pandemic also brought new style of activities such as web meetings, online seminars and virtual exhibitions that took root in society during the year, making it easier for us to communicate not only domestically but also internationally without the constraints of travel time. In terms of research content, we were able to engage in various R&D, mainly through COI activities, this fiscal year as well.

First of all, the COI program has two years remaining and this is the final year for R&D because the main activities in the final year will be to summarize the results and disseminate them to the outside world. In this context, the development of FRP rebar has reached the point of alkali resistance and the main technical issues have been resolved, and we are now in the process of transferring the technology to companies and considering mass production facilities. With regard to FRP panels for construction, another pillar of our R&D, we have designed, manufactured and installed in ICC a large-scale high-temperature testing equipment that enables evaluation of FRP in high temperature range, which has not been tackled in the past. It will be a great boost to promote the application of FRP in the field of construction in the future. In addition, to improve the heat resistance of the resin itself, we have a clear prospect for the development of matrix resin with T_g above 250°C that can be cured at 80°C, and semi-organic resin with loading performance even at 500°C. We are now moving on to the stage of molding technology for compositing and performance evaluation. There was also a lot of progress in COI collaborative projects.

The random sheet "Flexcarbon®" commercialized by Sun Corona Oda Co., Ltd. has been widely evaluated and applied in many ways, including winning the JEC World Innovation Awards and the Senken Synthetic Fiber Award in the New Frontier Category for its application to ASICS spikeless track shoe. In parallel with the application, efforts are underway to clarify the forming mechanism and to put the digital twin into practical use, by sensing the material flow in the mold during press forming, analyzing the flow based on the data, and controlling the feedback to the press motion. In the development of molding technology for long structural members, the Japan-Germany international joint research project in collaboration with Composites United e.V. (formerly CFK-Valley) is now in full swing. In addition to high-speed molding technology for aircraft structural members and the world's first application of recycled CF to aircraft, we are also in full-scale development to reduce the weight of medium-duty trucks, for which demand is growing through e-commerce.

COI以外の取組みについては、企業との個別共同研究やサポインなどの各種補助金を活用した取組みなど、例年にも増して多くの研究開発を実施した。

ICCでの研究開発を推進するにあたり、欧州を中心とした世界的な技術動向をみると、2010年代の10年間では、自動車部材へのコンポジットの適用に向けたハイサイクルな熱可塑FRPのプレス成形の開発が進み、さらにプレス成形と射出成型を組み合わせたオーバーモルディングや、UDテープを使ったテラードブランクの適用、またロボットのテープ積層によるin-situ成形などがホットな開発となっている。

こうした技術動向を踏まえ、ICCの取組みとしてもUDテープの活用やin-situ成形(熱可塑のコンソリデーションや現場重合など)にも注力している。丸八(株)とのサポイン事業では、航空機用途のPAEK/UDテープのin-situ自動積層に加え、検査工程の短縮を可能にするオンラインでの検査技術の開発に取り組んでいる。熱可塑のUDテープについては、まだ多くの材料が流通していないことからUDテープそのものをロービングから品質良く製造する技術も必要となる。本年度導入した(株)アドウェルズの超音波振動による含浸装置では多くのバリエーションのテープ製造が可能であり、今後、本装置を活用し高耐熱PAなど各種の熱可塑性樹脂を活用したUDテープの取組みについても進める予定である。

またin-situ成形の取組みでは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と共同で、LH2(液化水素)用タンクの成形技術の開発を実施している。このプロセスでは、電子線重合性モノマーを混合することによりスーパーエンブラを低融点・低溶融粘度化させ、CFトウに含浸させた後、AFPプロセスにより積層し、同時に電子線照射によりスーパーエンブラ本来の特性に復元させることが可能であり、高品質かつ成形工程の高効率化の達成を目標としている。

このように、多くの研究開発を産学連携の取組みにより実施してきたが、近年のSDGsの目標達成や、グリーン成長戦略による再生可能エネルギーの推進において、軽量・高強度・長寿命なコンポジットは益々その果たす役割は増している。一方で、LCAの観点で貢献の大きいコンポジットであっても、材料自体の環境負荷が低いことまでが社会の要求となっていることから、植物由来材料やリサイクル材の取組みにも着手しており、今後注力していく方針である。



Figure 2. Flax, Natural Fiber FRP

Besides COI, ICC conducted more R&D than in previous years, including various funded programs and joint research with companies.

Looking at the global technology trends particularly in Europe in promoting ICC R&D, the 2010s was a decade of progress in the development of high-cycle thermoplastic FRP press molding for applying composites to automotive components. Furthermore, overmolding that combines press molding and injection molding, application of tailored blanks using UD tapes, in-situ molding by tape lamination using robots, etc. are hot developments.

Based on these technological trends, ICC is also focusing on the use of UD tapes and in-situ molding (thermoplastic consolidation, in-situ polymerization, etc.). In a joint project with Maruhachi Corporation, we are working on the development of online inspection technology that enables to shorten the inspection process as well as in-situ automated lamination of PAEK/UD tapes for aircraft applications. As for thermoplastic UD tapes, it's necessary to manufacture the UD tape itself from roving with good quality, as many materials are not yet available in the market. The thermoplastic resin impregnation system using ultrasonic wave by Adwelds Co., Ltd. was introduced this year and made it possible to manufacture tapes in many variations, and we plan to use this system to make composites using various thermoplastic resins such as high heat resistant PA.

For in-situ molding, we are working with the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) to mold a tank for LH2 (liquefied hydrogen) using the AFP process, which uses super engineering plastics with a low melting point and low melt viscosity as a matrix by mixing electron beam polymerizable monomers. At the same time, by electron beam irradiation, the original characteristics of the super engineering plastic are restored, which is a novel process, and we are working on research to achieve high quality and high efficiency in the molding process.

In this way, ICC promotes industry-academia collaboration in many R&D. Lightweight, high-strength and long-lasting composites are playing an increasingly important role in achieving the SDGs and promoting renewable energy through Green Growth Strategy in recent years. On the other hand, even for composites that make a significant contribution in terms of LCA, the demands of the times require that the materials themselves have a low environmental impact, and we have started and will continue to focus our efforts on not only carbon fibers, which consume a considerable amount of energy during production phase, but also bio-derived materials and recycled materials.

2020年度COI研究プログラムのトピックス

Status of Promotion of COI Research Program in FY2020

1. COI研究プログラムの本年度の位置付けと開発方針

本プログラムを開始してから8年目になり、研究して来た技術の社会実装化の開発を主体に行うフェーズ3（最終段階）の2年目になる。フェーズ3からはテーマの集中を図り、鉄道用スラブ床板への適用など、具体的な実装化が求められているFRP補強筋を優先課題とした「研究テーマ1」とし、本COI拠点のコア技術となる基盤技術の開発を「研究テーマ2」として、建築用部材を狙った耐火性FRPパネルやプレス成形におけるデジタル化技術、及び革新的素材などの開発に絞り込んだ。

その上で、ビジョンの実現のため社会実装に向けた取組みを加速化するため、上記テーマに関する本格的な試験装置や試験炉などをICCの大規模実験施設に設置し、集中的な研究開発を行った。

2. 本年度の特筆すべき技術開発の成果と今後の推進方向

「研究テーマ1」のFRP補強筋の研究において大きな課題となっていた同補強筋で強化されたコンクリート中での耐アルカリ性能の向上と同コンクリートの物性改善であったが、FRP補強筋への被覆樹脂層（外層）の改善や、強化繊維とマトリックスとの界面接着性を向上させたことによって、耐アルカリ性能の改善と同コンクリートの強度低下抑制が達成できたこと。

他にも、実用化に向けて各種の実大載荷試験や火災を想定した燃焼試験によって問題がないことを検証したこと等から、実用化の目途が立ったことが最大の成果である。

鉄道用スラブ床版への適用を目指すFRP補強筋の社会実装化については、来年度製造を担う企業と具体的な量産設備の設計・製作を進め、実用化へ向けて加速して行く予定である。

また、「研究テーマ2」の基盤技術においては、建築用FRP製耐火パネルの開発促進のために、高温域での載荷性能評価試験炉を設計して所内に設置したこと、及び同パネルのマトリックス用耐火樹脂の開発では、200℃の高温環境下でも強度と剛性を維持可能との樹脂性能が検証でき、建築部材の開発テーマが大きく進捗した。更に実用化に向け、技術の進展を図る。

また、プレス成形技術においては、これまで世界的にも余り取り組まれて来ていない「型内での樹脂流動のプレス成形メカニズム」に関し、測定データと実成形の相関を解明することによって、デジタル化に必要なデータを獲得できたことは、基盤技術としては大きな成果と言える。

また、セルロース樹脂の開発については、高い生産性が期待できるワンステッププロセスによるセルロース混合エステル樹脂の製造プロセスを推進し、年間2トン/台の樹脂生産性を実証できた。本テーマにおいて、大手材料メーカーとの連携により、バイオマスの活用展開を図ることが決まった。



関戸 俊英
Toshihide Sekido



鵜澤 潔
Kiyoshi Uzuwa

1. Current position and development strategy of this year's COI research program

It has been eight years since this program started, and it is the second year of Phase 3 (final stage), where we have mainly focused on the development of social implementation of our technology. From Phase 3, the themes will be narrowed down, and the development of FRP reinforcing bars has been designated as priority issue "Research Theme 1". This is required to be concretely implemented, that is the application to railroad slab floorboards. For the core technology development regarded as "Research Theme 2," we focused on fire-resistant FRP panels targeting building materials, digitization technology in press molding, and innovative materials. Development was promoted with full-scale test facilities for each installed ICC.

2. Remarkable results this year and future directions

There was an improvement in alkali resistance in FRP reinforcing bars-reinforced concrete and an improvement in the concrete physical characteristics. These had been two issues in the research in "Research Theme 1". By improving the outer resin layer and the interfacial adhesiveness between the reinforcing fibers and the matrix, it was possible to improve the alkali resistance and suppress the decrease in the concrete strength. In addition, the biggest achievement was that the prospect for practical application was clarified because we could verify that there was no problem based on various full-scale load tests and combustion tests assuming a fire. Regarding the social implementation of FRP reinforcing bars for railway slab floorboards, we plan to start the design and manufacture of specific equipment for mass production with the companies responsible for manufacturing the next year, and accelerate their practical use.

In the basic technologies of "Research Theme 2," in order to promote the development of FRP refractory panels for construction, a test furnace was designed and installed into the facility for a loading performance evaluation in a high temperature. In the development of refractory resin for the panel, it was verified that the strength and rigidity could be maintained even at a high temperature of 200 °C. We will advance the technology further for practical use.

In press molding technology, the subject was "the mechanism of resin flow inside the mold during press molding" which has not been investigated worldwide so far. By clarifying the relationship between the measurement data and the actual molding process, we obtained the necessary data for digitalization, which is a great achievement for basic technology.

Regarding the development of cellulose resin, we promoted the manufacturing process of cellulose mixed ester resin by a one-step process that can be expected to have high productivity, and we were able to demonstrate an annual resin productivity of 2 tons/unit. In this theme, it was decided to expand the utilization of biomass in collaboration with major material manufacturers.

Composites United (旧CFK Valley)ドイツ連携について:ThermoProsプロジェクト

Germany collaboration with Composites United (formerly CFK Valley) :ThermoProsProject



中島 正憲
Masanori Nakajima

ドイツ連携のThermoProsプロジェクトでは、日独の川上から川下企業及び大学、研究機関の13団体が、輸送機の構造部材として炭素繊維強化熱可塑性複合材料の連続成形、プロセスチェーンの開発に取り組んでいる。本プロジェクトのターゲットは、航空及び自動車産業向けの直線および曲線の熱可塑性複合材構造部材の低コスト、高生産性プロセスにフォーカスされており、日本側ではICCと企業が取り組んできたロール成形と連続圧縮成形(CCM)が適用される。また、部分的な構造補強として自動積層技術の検討も進めている。航空産業向け部材は、ドイツCTC社(エアバス子会社)が川下として将来中型旅客機の胴体ストリンガー、フレーム部材(図1:イメージ部材)の開発、自動車産業向け部材は、ドイツCarbon TT社が川下としてトラックのフレーム部材の開発に取り組むスキームとなっている。本プロジェクトでは、材料の選択、必要な中間基材の様々な製造プロセス、連続成形技術への部分補強パッチの適用やその後の二次加工等、部材の製造をプロセスチェーンとして13団体で実施している。詳細に関しては、プロジェクト完了後に報告を行う。ThermoProsプロジェクトにおいてマトリックスとなる熱可塑性樹脂は、航空産業向けはPAEK(ポリアリールエーテルケトン)、自動車産業向けはPA6(ポリアミド6)が採用された。連続成形プロセスの開発においては、融点以上の加熱機構を備えていることは当然として、成形部材のコンソリデーション品質を確保するために冷却機構が重要であり、物性に影響を与える可能性がある樹脂の結晶化度に対して冷却速度もコントロールする必要がある。航空機産業向け熱可塑複合材の成形プロセスの開発動向としては、マトリックス樹脂の比較やCCMの開発¹⁾、また、自動積層+VBO(Vacuum Bag Only)コンソリデーション²⁾に関しての記事や報告が見られる。ICCにおいても、PAEK CF UD積層品の真空コンソリデーションに着手した(図2)。熱可塑性樹脂の融点温度が高いため、熱硬化性樹脂で開発されてきた成形補助材料を使用することができないため、新たな成形補助材料の開発も重要となる。

Reference

1) PEEK vs. PEKK vs. PAEK and Continuous Compression Molding<https://www.compositesworld.com/articles/peek-vs-pek-k-vs-paek-and-continuous-compression-molding>

2) Out of Autoclave Consolidation of Fiber Placed Thermoplastic Composite Structures J.N. Swamy, ThermoPlastic composites Research Center (TPRC) et al., ITHC 2020 International Conference

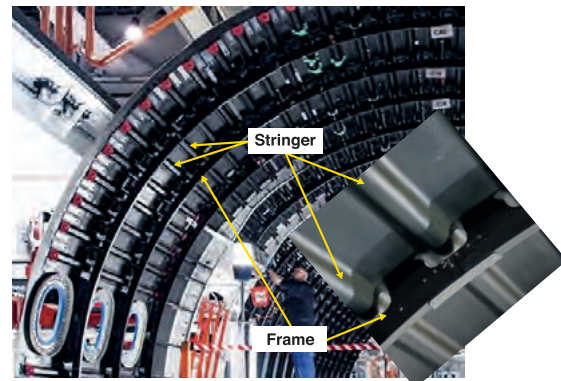


Figure 1. Composite Stringers and frames of Airbus A350 fuselage

In the ThermoPros project in collaboration with Germany, 13 groups of upstream and downstream companies, universities, and research institutes in Japan and Germany are working on a continuous process of carbon fiber-reinforced thermoplastic composite materials as structural members for transporters. The target of this project is focused on the low-cost, high-productivity process of straight and curved thermoplastic composite structural members for the aerospace and automotive industries. On the Japanese side, roll forming and continuous compression molding (CCM) technology that ICC and companies have been working on is applied. We are also studying automatic laminating technology for partial structural reinforcement. For the aerospace industry, the German CTC, as a downstream company, will develop fuselage stringer and frame members (Figure 1) of a future medium-sized passenger aircraft. The German Carbon TT, as a downstream company, will develop truck frame members for the automotive industry. In this project, 13 partners cooperate in the manufacturing of parts as a process chain, such as the selection of materials, manufacturing of the required semi-finished products by various processes, application of partial reinforcement patches to continuous molding technology, and secondary processing. Details will be reported once the project is completed. The thermoplastic resin matrices selected in the ThermoPros project for the aerospace industry and automotive industry are PAEK (polyaryletherketone) and PA6 (polyamide 6), respectively. In the development of a continuous process, the facility is equipped with heating devices to achieve temperatures above the melting point of the resin. Cooling devices are even more important to ensure the consolidation quality of parts, which may affect the physical properties. Furthermore, the cooling rate must be controlled with respect to the crystallinity of the resin. Regarding the development trend of the process of thermoplastic composite materials for the aircraft industry, there are articles and reports on the comparison of matrix resins, development of CCM 1), and automatic lamination and VBO (vacuum bag only) consolidation 2). We have also started the demonstration of vacuum consolidation of PAEK CF UD laminates (Figure 2). Because the melting point temperature of the thermoplastic resin is high, the process aid material developed for thermosetting resin cannot be used; therefore, the development of a new process aid material is also important.

Example: Copper foil is used as the vacuum bag material



Figure 2. Trial of vacuum bag only consolidation

パーミアビリティ研究会活動

Group activities for permeability research

繊維強化樹脂複合材の成形において、樹脂の含浸性は繊維強化樹脂複合材の製品性能を決定する重要な技術課題である。また現代の製品開発においては、定量的な性能諸元としての数値化およびシミュレーションによる予測技術は設計、製品管理上不可欠である。

本研究会では繊維基材のパーミアビリティ値に関する総合的な計測評価について基礎的な研究を行ってきた。樹脂含浸は、繊維強化樹脂複合材のどの成形法であっても必須の成形プロセスである。本研究は樹脂圧力が1気圧のVacuum-RTMから圧力の高いHP-RTM(Hi Pressure Resin Transfer Molding)までを対象とし、そこでのパーミアビリティ値について議論している。研究会発足より、2020年度までの主要な成果としては、

1. テキスタイルの垂直方向、水平方向双方におけるパーミアビリティの樹脂流動圧に関する変化の実験的把握。
2. テキスタイル垂直方向の樹脂流動における、パーミアビリティ値変化の時間的依存性の実験的観測と考察。
3. 樹脂流動圧依存のパーミアビリティ値に対する、テストプロシージャの検討と提案。
4. 改良されたパーミアビリティ値を用いた、ダルシー流れのシミュレーション精度向上。

当初の構想では特殊な計測試験装置を用いることを想定して研究を開始したが、研究活動の成果として、合理的に市販の試験機を活用し、シミュレーションの精度アップを図ることが出来た。これにより、多くの研究機関等で計測されたデータの活用が可能となるとともに、試験者の特殊技能に頼る部分を減らすことになる。

本研究の成果を以下に簡単に解説する。成形中の樹脂流動の圧力によりテキスタイルのパーミアビリティ値は変化について、本研究ではこの変化をパーミアビリティ値の応答曲面で定義する。(1)式に示すように、含浸の基本メカニズムはダルシーの法則に従うものとする。

$$\Delta u = -\frac{k}{\mu} \nabla p \quad (1)$$

ここで k はテキスタイル固有のパーミアビリティ値、 μ は樹脂の粘性率である。本研究では k はテキスタイル固有の値とせず、樹脂流動の圧力によって決定されるものとする。我々の実験解析の結果、パーミアビリティの値は繊維含有率で決定できることがわかっており、そして、繊維含有率は流動する樹脂の圧力によって、決定することができる。すなわち、流動中のパーミアビリティの値 k_f は

$$k_f = F_1(v_f, p) \quad (2)$$

とし、テキスタイルに対して、複数の計測を実施して、パーミアビリティ値の応答曲面を得る。ここで、 V_f は繊維含有率、 p は樹脂流動圧である。



漆山 雄太
Yuta Urushiyama



鵜澤 潔
Kiyoshi Uezawa



布谷 勝彦
Katsuhiko Nanotani



松本 大輝
Naoki Matsumoto

Resin impregnation is an important technical subject used in understanding the product performance of composite materials in molding fiber-reinforced resin composite materials. In modern product development, quantification methods as a performance specification and prediction technology by simulation are indispensable for design and product management.

This study group has conducted basic research on the comprehensive measurement and evaluation of the permeability of fiber substrates. Resin impregnation is an essential molding process for molding fiber-reinforced plastic composites. In this study group, we focused on the range of resin flow velocity and pressure from 1 atm of Vacuum-RTM to the considerably higher pressures in high-pressure resin transfer molding (HP-RTM) and discussed how the permeability value should be determined in each case. The main achievements made by 2020 since the beginning of the workshop include the following:

1. Experimental grasp of permeability change due to resin flow pressure; about the in-plane direction of the textile flow and the horizontal direction flow.
2. Experimental observation and consideration of the temporal dependence of the change in the permeability value along the vertical direction of the textile.
3. Examination and proposal of a test procedure to obtain permeability values with resin flow pressure dependency.
4. Improved permeability (darcy) flow simulation accuracy using values obtained.

In the original concept, the research was started based on the assumption that special measurement test devices would be used. However, as a result of the research activities, it became possible to rationally utilize a commercially available testing machine to improve the accuracy of the simulation. It will be possible to utilize the data measured by research institutes and other sources and reduce dependence on the special skills of the person in charge.

The permeability values of textiles change depending on the pressure of the resin flow during molding. In this study, this change was defined as the response surface of the permeability value. The content is briefly explained below. As shown in Equation (1), the basic mechanism of impregnation follows Darcy's law:

Here, k is the permeability value peculiar to the textile, and μ is the viscosity of the resin. In this study, k is determined not only by the textile-specific value, but also by the pressure of the resin flow. The results of our experimental analysis show that the value of permeability can be determined using the fiber content, which can be determined using the pressure of the flowing resin. Thus, the permeability value k_f in the flow is(Eq.(2))

一方で、成形過程の樹脂流動においては、マクロスケール的には、テキスタイルの V_f は流動中の圧力によりテキスタイルが変形することにより決定されるものと考えることができる。したがって、テキスタイルの機械的特性として(3)式のような関係を得ることができる。

$$V_f = F_2(p) \quad (3)$$

これら、 F_1 、 F_2 の応答曲面をテキスタイル試験により作成する。シミュレーションは、ダルシーの法則によりFEM計算を実施する。その結果は、樹脂の圧力流動よりテキスタイルのパーミアビリティ値の変化を反映するので、現実 に即した計算結果を得ることができる。

図1にはシミュレーションと実験の比較を示す。成形型内の圧力分布を示したもので、シミュレーションは本研究の知見によるパーミアビリティ値を用いて実施している。成形中の上面下面で生じる圧力差、圧力の上昇パターン、注入時間などが良く一致している。

このような研究展開により、テキスタイルの性能諸元としてパーミアビリティを活用しうる可能性を開くとともに、今後の課題も明確になった。

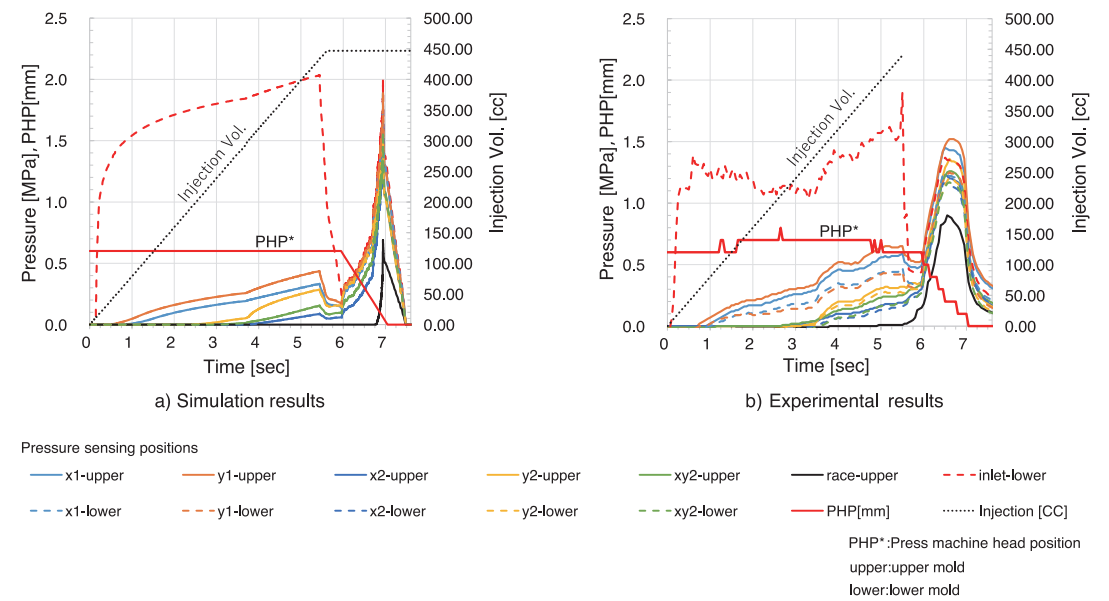


Figure 1. Comparison between Simulation and Experimental

Multiple measurements were performed on the textile to obtain the response surface of the permeability value. Here, V_f is the fiber ratio, and p is the resin flow pressure.

On the other hand, in the resin flow during the molding process, it can be considered that the V_f of the textile is determined by the deformation of the textile owing to the pressure during the flow on a macroscopic scale. Therefore, the relationship shown in Eq. (3) can be obtained from the mechanical characteristics of the textiles.

The F_1 and F_2 response phases were created by textile testing. In the simulation, the FEM was performed according to Darcy's law. This result reflects the change in textile permeability owing to the pressure flow. Therefore, realistic calculation results were obtained.

A simulation and an experimental comparison are shown in Figure 1. The data show the pressure during molding in the die of the HP-RTM. Permeability values established by this research knowledge were applied for this simulation. The pressure differences between the upper and lower sides, pressure increase, injection time, and other parameters match well.

In addition, the results show the possibility that permeability can be used as a performance specification for textiles. Future problems also became clear through such studies.

引抜成形を用いたFRPロッドの開発

Development of FRP rod using by pultrusion

1. 引抜成形装置の改造と巻取方法の検討

引抜成形により鉄筋代替となるコンクリート用FRP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、研究開発を行っている。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型の引抜成形と、我々が開発している熱可塑性樹脂を用いた新技術による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が必要となるため、樹脂の反応速度と金型の大きさによって成形速度が決定し、成形速度の高速化が難しい。一方、我々が開発している新技術は、押出機により樹脂ペレットを溶かし、連続的にロービング繊維に含浸させる溶融含浸法を採用しているため反応をとまなわない。また、ロービングに撚りを掛けながら引抜くことで、繊維の毛羽立ちや糸切れを抑えることと、繊維の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を目標としている。材料は、マトリクス樹脂に安価で耐薬品性に優れるポリプロピレン(PP)、繊維にガラス繊維(Glass Fiber: GF)、バサルト繊維(Basalt Fiber: BF)を用いている。

2020年度は、FRPロッドの耐アルカリ試験とPPと繊維間の界面特性の向上を検討した。加えて、成形速度向上のための装置の改造とロッドの巻取方法の検討を行った。図2にFRPロッドの写真を示す。装置改造の結果、Vf40%程度のFRPロッドの成形において成形速度が毎分45m(最高)を達成した。FRP筋はコンクリートの強アルカリ環境下において劣化してはいけない。そこで、JIS規格に沿ったFRPロッドの耐アルカリ性評価を行った。その結果、強アルカリ環境下においても劣化せず、十分使用可能であることを確認した。図2よりFRP筋には撚りが加えられている。作製されたFRPロッドを巻取る場合、巻取りと解撚を同時に行う必要がある。撚り方向と巻取方向のそれぞれ二軸で回転させてFRPロッドを巻取る機構で巻取機の概要を検討した。

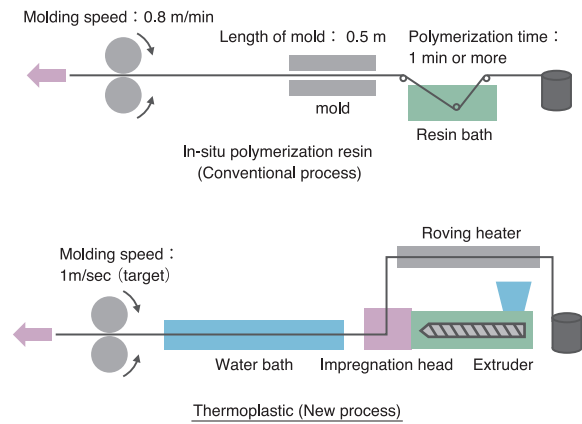


Figure 1. Pultruding model



1. Modification of pultrusion machine and examined the method of winder

This study focused on the development of FRP reinforcement bars for concrete using pultrusion as a substitute for rebars. The goal was to achieve efficient molding of FRP material that is long-lasting, corrosion-resistant, lightweight, and inexpensive. Figure 1 shows the conventional pultrusion process using thermosetting resin with in situ polymerization resin and the proposed pultrusion model using thermoplastic resin. In the conventional method, a monomer was used as the main agent. Since this requires a long period for the curing and polymerization processes, it is difficult to increase the molding speed. By removing the roving fibers when applying the twist, it is possible to suppress the fuzzing of the fibers and obtain a high convergence. This makes high-speed molding possible, with a targeted molding speed of 1 m/s. The material used was polypropylene (PP) – an inexpensive material with excellent alkali resistance – as a matrix polymer. Glass fiber (GF) and basalt fiber (BF) were used as the fibers.

In FY 2020, we examined the alkali resistance test of FRP rods and the improvement of the interface characteristics between the PP and the fibers. In addition, we modified the device to improve the molding speed and examined the method of winding the rod. Figure 2 shows a photograph of the FRP rod. As a result of device modification, the molding speed was 45 m/min in the molding of FRP rods with a V_f of approximately 40 %. The FRP rebar must not deteriorate in a strongly alkaline concrete environment. Therefore, we evaluated the alkali resistance of FRP rods in accordance with the JIS standards. As a result, we demonstrated that it can be used sufficiently without deterioration, even in a strongly alkaline environment. The FRP rod has a twist. When winding the manufactured FRP rods, it is necessary to perform winding and untwisting simultaneously. We examined outline of a winder with a mechanism that winds the FRP rod by rotating it in two axes:, (1) the twisting direction and (2) the winding direction.



Figure 2. FRP rod

2. バサルト繊維と樹脂の界面接着性の向上

PPは軽量で安価、耐薬品性に優れるプラスチックではあるが、分子構造中に極性基がないため異種材料との接着性に劣るといった欠点もある。引抜成形によって作製したFRPロッドをコンクリートの補強筋として使用する際、コンクリート内は強アルカリ環境下であるため、BFが劣化する可能性がある。コンクリート内の強アルカリ環境下からBFを保護するために、繊維と樹脂の界面接着性を高め、強アルカリ成分の侵入を阻止する必要がある。また、界面接着性が向上することで機械特性の向上も期待できる。本年度は界面接着性を向上させるため、PPに添加する相溶化剤およびBF表面を改質するためのシランカップリング剤の検討を行った。

樹脂の調製は相溶化剤(No.1~4)をそれぞれ3、5、7wt%の割合でPPと混練し作製した。BFのシランカップリング処理はシランカップリング剤(A、B)を純水に対して1%加えて水溶液を調製し、BFを浸漬した後に取り出し、加熱乾燥させて処理した。

図3に未処理のBFおよびシランカップリング剤A、Bで処理したBFと各種相溶化剤を5wt%添加したPPのマイクロドロップレット試験結果を示す。シランカップリング剤Bは未処理よりも界面せん断強度(IFSS)が低下するのに対し、シランカップリング剤Aではすべての条件でIFSSの向上が見られた。

次に未処理BFおよびシランカップリング剤Aで処理したBFと所定の割合で相溶化剤を添加したPPのマイクロドロップレット試験結果を図4に示す。未処理BFでは相溶化剤の添加量が増加することでIFSSの向上が見られ、シランカップリング剤Aで処理すると、さらなる向上が見られた。

以上の結果、相溶化剤およびシランカップリング処理が樹脂と繊維の界面接着性の向上に有効であることがわかった。

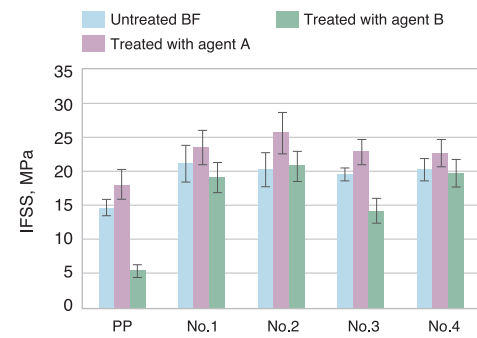


Figure 3. IFSS of treated with silane coupling agent.

2. Improvement of interfacial adhesiveness by modifying fiber and resin

PP is a lightweight, inexpensive, and highly chemically resistant plastic. However, PP has no polar group in its molecular structure; consequently, its adhesiveness to various materials is substantially low. FRP rods are produced by pultrusion and used as reinforcement bars for concrete; however, the interior of concrete is a strongly alkaline environment, which is problematic. Since BF is corroded by alkalis, it is necessary to improve its adhesion with PP such that it does not contact the alkalis. In addition, improvements in mechanical properties, such as tensile strength, can be expected by improving the interfacial adhesiveness between BF and the resin. In this study, we investigated the effect of modification with a compatibilizer and silane coupling agent on the interfacial adhesiveness between PP and BF.

The compatibilizers (No. 1–4) were kneaded with PP at ratios of 3, 5, and 7 wt% to modify the resin. For the silane coupling treatment, a 1% aqueous solution of silane coupling agent (A, B) was prepared and immersed BF in the solution. Subsequently, it was removed and dried by heating.

Figure 3 shows the results of the microdroplet tests of untreated BF, silane coupling treated BF, and PP with 5% compatibilizer. Silane coupling agent B has a lower interfacial shear strength (IFSS) than untreated BF, whereas silane coupling agent A exhibited an improved IFSS under all conditions.

Figure 4 shows the results of the microdroplet tests of untreated BF, BF treated with silane coupling agent A, and PP to which compatibilizers were added at each ratio. In both BFs, the IFSS improved as the amount of compatibilizer added increased, and the effect was greater when BF was treated with silane coupling agent A.

From these results, it was found that the compatibilizer and silane coupling treatments are effective in improving the interfacial adhesiveness between the resin and the fiber.

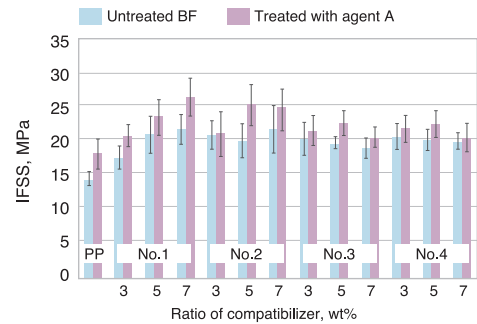


Figure 4. Relationship between the addition ratio of compatibilizer and IFSS

コンクリートとFRPロッドの付着強度に関する評価

Evaluation of adhesion strength between concrete and FRP rods

コンクリートは、圧縮に対する耐力が強く、引張に対する耐力は弱い。この短所を補い、外力に耐えるために、鉄筋などの補強筋が埋設される。したがって、コンクリートと補強筋は一体となることが重要であり、図1に示すような引抜き試験を用いて付着性が評価されている。現在、一般的に使用されている鉄筋では、ふしの間隔、直径の影響、断面形状などを考慮した多くの検討がなされてきた。ただし、鉄筋が腐食すると部材の性能は低下する。そこで、高耐食性の特長を有するFRPロッドが、コンクリートに埋設される鉄筋の代替品としてこれまでに社会実装されている。しかしながら、熱硬化性FRP（以下、FRTSと称する）に着目した検討はなされてきたものの、熱可塑性FRP（以下、FRTTPと称する）はほとんどない。したがって、FRTTPを含むFRPロッドとコンクリートの付着強度を把握するため、鉄筋と比べたFRTTPロッドの付着強度のばらつきを整理した。また、吸水の有無および温度変動がコンクリートとFRPロッドの付着強度に及ぼす影響を評価した。

その結果、鉄筋とFRTTPロッドでは、コンクリートとの付着強度の変動係数は同程度であった。また、暴露環境中の水の有無は、FRPロッドとコンクリートの付着強度に影響を及ぼすことを確認した。ただし、図2に示すように、温度変動を受ける環境下において、昇降温に伴いFRPロッドとコンクリートのひずみに差が生じ、付着強度に影響を及ぼすことを確認した。これは、コンクリートとFRPロッドは熱膨張係数が異なるためと考えられる。

今後は、コンクリート中に埋設された補強筋の劣化に対する非破壊モニタリングが重要な課題となる。したがって、鋼材の腐食速度や腐食状況を判断する方法として用いられる電気化学的測定のように、FRTTPロッドの劣化に対する非破壊モニタリングも進めている。

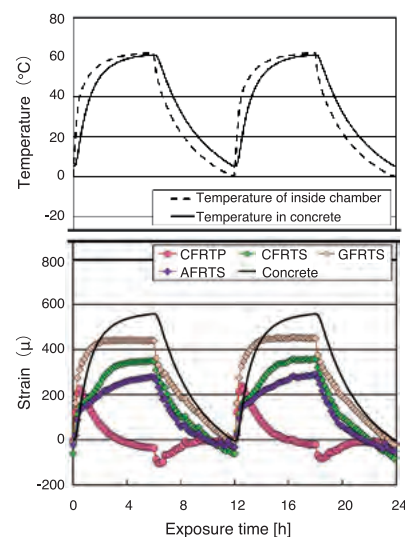


Figure 2. Strain of rod and temperature under nonstationary condition

Concrete has a strong resistance to compression and a weak resistance to tension. Reinforcement bars, such as rebars, are embedded in concrete to compensate for this shortcoming and enable concrete to withstand external forces. Therefore, it is important that concrete and reinforcement bars are well integrated, and the adhesiveness between them is evaluated using the pull-out test, as shown in Figure 1. Many studies have been conducted on the node interval, the influence of the diameter, and the cross-sectional shape of commonly used rebars. However, if a reinforcement bar is corroded, the performance of the corresponding member deteriorates. Therefore, Fiber-reinforced plastic (FRP) rods, which exhibit high corrosion resistance, have been implemented as substitutes for rebars buried in concrete. Although studies have focused on thermosetting FRP rods (hereinafter referred to as FRTS rods), there are almost no thermoplastic FRP rods (hereinafter referred to as FRTTP rods). Therefore, to understand the bond strength between a FRTTP rod and concrete, the variation in the bond strength of the FRTTP rod compared to that of a rebar was determined. The effects of water absorption and temperature fluctuations on the adhesive strength between the concrete and the FRP rods were also evaluated.

The results show that the coefficient of variation of the bond strengths corresponding to the rebar and the FRTTP rod was approximately the same. The results also confirm that the presence or absence of water in the exposed environment affected the bond strength between the FRP rod and the concrete. However, as shown in Figure 2, it was confirmed that in an environment subjected to temperature fluctuations, there is a difference in strain between the FRP rod and the concrete due to the temperature fluctuations, and this affects the bond strength; further, this difference in strain is believed to be due to the difference in the coefficients of thermal expansion between the concrete and the FRP.

In the future, non-destructive monitoring of the deterioration of reinforcement bars buried in concrete will be important. Therefore, such monitoring of the deterioration of FRTTP rods is also being promoted, such as via electrochemical measurements used to determine the corrosion rate and corrosion status of steel materials.

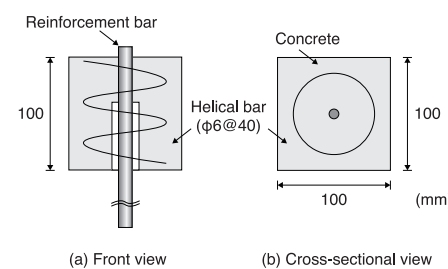


Figure 1. Pull out test specimen



保倉 篤
Atsushi Akura



杉俣 悦郎
Eisuo Sugimata

炭素繊維強化熱可塑性樹脂スタンパブルシートの連続製造技術の研究

Continuous production technology of carbon fiber reinforced thermoplastic laminate



石田 応輔
Otsuke Ishida



北田 純一
Junichi Katada

熱可塑性複合材の中間基材であるスタンパブルシートの製造における効率的な含浸メカニズム検討と連続成形技術についてこれまで研究してきた成果をまとめた学位論文の内容を簡単に紹介する。図1にその全体イメージを示す。

- (1) 2種類の含浸手法を検討した。一つにはメタノール/CaCl₂溶媒をPA6樹脂に適用した溶剤法の含浸向上効果を示した。もう一つはフィルムスタッキング法であり、繊維束への含浸挙動をDarcy則により説明できた。
- (2) 連続的な含浸と成形中の厚さ制御を可能とする固定ローラー式DBP装置に着目して成形技術を検討した。プロセス条件が成形中の温度・圧力プロファイルを変化させることで含浸性へ影響することを明らかにした。
- (3) DBPプロセスを表現する含浸モデルを構築し、その妥当性を成形実験により検証できた。さらに、成形中の含浸進行を予測するツールをIPCO社と提案した。
- (4) ローラー直下では固定されたベルト間Gapを中心に生じるベルトたわみによって含浸と同時に樹脂の面内流動が生じて樹脂圧に影響することを、モデル実験とシミュレーションにより示し、プロセス条件とその挙動との関係性を明らかにした。
- (5) 上記研究により導いたプロセス条件で、CF織物/PA6、GF織物/PA66についてDBP成形実験を実施し、良好な含浸性（ポイド率1%程度）と曲げ特性（ホットプレス成形とおよそ同等）を達成した。また、IH技術を用いた基材の連続予熱にもとづく高速成形プロセス（速度1m/min）をIPCO社と提案した。

以上、固定ローラー式DBPを用いた連続的含浸プロセスの解明と最適化によりスタンパブルシートを連続製造する技術の基礎を確立できた。

An efficient resin impregnation mechanism and continuous manufacturing process of organo-sheets (an intermediate for thermoplastic composites) has been investigated (Doctoral thesis, Ishida), and the results are presented as follows and shown in Figure 1.

- (1) Two impregnation methods were investigated. One was a solvent-based method using MeOH/CaCl₂ for the PA6 resin, which showed a good impregnation effect. The other was a film-stacking method, and the impregnation process was explained using Darcy's law.
- (2) A fixed-roller double-belt press (DBP) system was selected for this study because it enables continuous compression molding and good thickness control for organo-sheet production. The temperature and pressure profiles during the process varied depending on the process conditions and consequently affected the resulting impregnation.
- (3) A resin impregnation model for the DBP process was developed in collaboration with IPCO K.K. and validated by experimental results.
- (4) Model experiments and simulation analysis revealed that the deflection of the steel belt under a roller could simultaneously cause resin impregnation and in-plane flow, thereby affecting the resin pressure distribution. The relationship between the process parameters and these phenomena is clarified.
- (5) Organo-sheets were fabricated via a DBP system based on optimized process conditions using CF/PA6 and GF/PA66. Good impregnation quality (void content: approximately 1 %) and flexural properties (equivalent to those of the composites produced by normal compression molding) were achieved. A novel high-rate manufacturing process (process velocity: 1 m/min) using Induction Heating technology was proposed in collaboration with IPCO K.K..

Consequently, the basis for a continuous organo-sheet manufacturing process using a fixed-roller DBP system has been established.

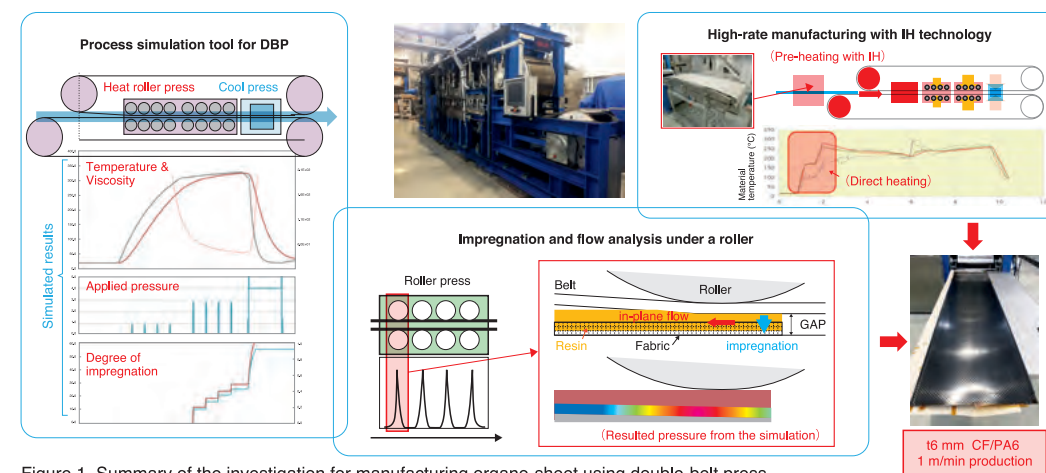


Figure 1. Summary of the investigation for manufacturing organo-sheet using double-belt press

建築向けFRPパネル(耐火構造開発プロセス)

FRP panel for construction (Development of the evaluation process for fireproof structure)



中島 正憲
Masanori Nakajima

FRPパネルを建築向けに適用する場合、出火から鎮火に至るまでに人命安全と建物(構造)安全を確保するために、長時間の耐火要求が建築基準法により規定されており、輸送機等の要求と大きな違いがあり、新規の材料を建築物に適用する場合、最終的に実大規模の実証試験による大臣(国土交通省)認定が必要になる。図1に伝統的な耐火構造の開発プロセスの概念図及び本COIプロジェクトで検討を進めているFRPパネルにおける耐火構造の開発プロセスを示す。FRPパネルに対する耐火構造の評価は、耐火試験と構造試験に分けて評価することが大きな特徴となる。耐火試験は、小型もしくは中規模炉にて、ISO 834に準拠した加熱下(2時間耐火基準等)で耐火被覆材の評価及びFRP床(構造)パネルの耐火被覆材界面の温度上昇曲線を取得する。一方、構造試験はFRPでは一般的なクーボンレベルの各種強度試験を耐火試験で得られた上限温度下、火災発生初期の温度上昇を模擬等で実施する。また、実大構造もしくはハーフサイズレベルのFRP床(構造)パネルを耐火試験で取得したFRP床(構造)パネルと耐火被覆材界面の最大温度を模擬した環境で載荷し、要求事項である最大たわみ量及び最大たわみ速度を評価する。2020年度は、クーボンレベルの特性試験の実施及び新規開発の大型高温構造試験装置を導入(株式会社ヤスジマ製)した。2021年度に建築向けFRPパネルにおける耐火構造の開発プロセスアプローチの妥当性を確認する計画である。導入した大型高温構造試験装置はFRP試験供試体パネルの標準サイズを長さ4000mm×幅600mm×最大高さ350mm、載荷試験の支持スパンを3200mm、載荷はデッドウェイトによる等分布載荷とした。装置本体、変位計測器、装置内部、載荷用ウェイトの写真を図2に示す。

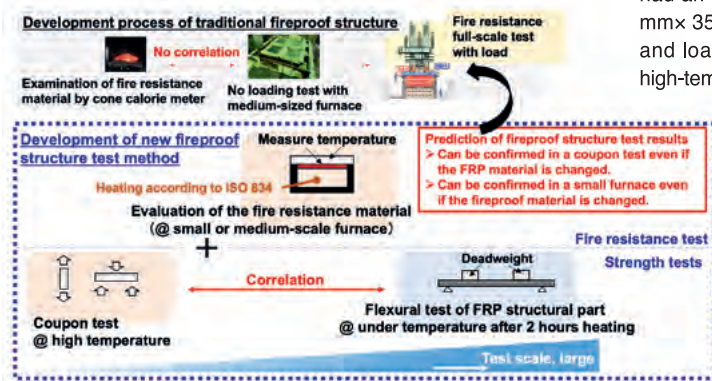


Figure 1. Approach to the development of fireproof structure for FRP panels for construction

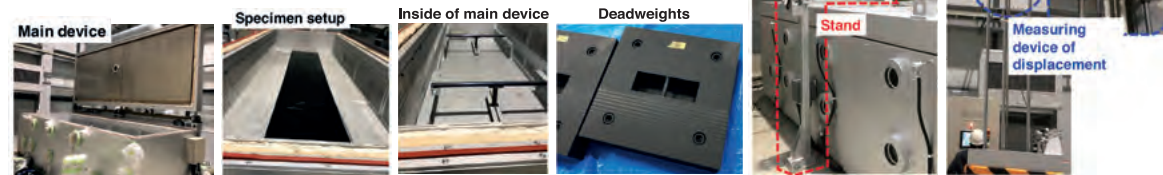


Figure 2. Large-scale high-temperature structure test equipment

When applying FRP panels to buildings, long-time fire resistance requirements are specified by the Building Standards Law to ensure human life safety and structural safety from the time a fire breaks out to the time it is extinguished. There is a difference between the requirements of transport aircraft, etc., and when applying new materials to buildings. It is necessary to be certified by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport, and Tourism by undergoing a full-scale demonstration test. Figure 1 shows the fireproof structure development process for the FRP panel under consideration in this COI project and the traditional method. The major feature of the evaluation of FRP panels is that the fire resistance and structural tests are evaluated separately. In the fire resistance test, in a small- or medium-scale furnace, the evaluation of the fire resistance material and the temperature rise curve of the FRP floor (structure) panel were obtained under heating according to ISO 834 (2-hour fire resistance standard, etc.). On the other hand, in the structural test, various strength tests at the coupon level were carried out under the upper-limit temperature obtained in the fire resistance test and the temperature rise at the initial stage of the fire. In addition, a full-scale structure or half-size level FRP floor panel was loaded in an environment that simulates the maximum temperature of the FRP floor panel obtained in the fire resistance test. The maximum deflection and maximum deflection rates were evaluated using Deadweight. In FY 2020, we conducted coupon-level characteristic tests and introduced a developed large-scale high-temperature structure test equipment. The plan is to confirm the validity of the fireproof structure development process approach for FRP panels for buildings in FY 2021. The introduced large-scale high-temperature structure test equipment had an FRP test panel with a standard size of 4000 mm× 600 mm× 350 mm, a support span of 3200 mm for the loading test, and loading by Deadweight. Figure 2 shows the large-scale high-temperature test equipment.

耐火構造用FRPマトリックス樹脂の開発

Development of matrix resins for fire-proof structure



西田 裕文
Atsuhumi Nishida

ICCでは、インフラ向けの革新的複合材料及び製造プロセスの開発に取り組んでいる。特にビルの床や壁に使用される建築用パネル材の開発は我々の主要な目標の一つである。材料は建築法の定める耐火基準に準拠することが求められるが、それは必ずしも構成する全ての素材が不燃性でなければならないという意味ではない。パネル材を耐火基準に適合させるため、我々は図1に示すように、発泡コア材をFRPスキン層でサンドイッチし、上下面を耐火被覆材で覆った構造を提案している。火災時耐火被覆材は炎に直接曝されると、燃えずに発泡して断熱層を形成する。それゆえ、FRPスキン層は直接的な炎の暴露から保護されているため、FRP自身が備えるべき特性は不燃性ではなく、むしろ火災時に到達する温度でも載荷性を維持できる能力である。そこで我々はまず、十分な厚さの耐火被覆材を設け、FRPの到達温度が200℃以下の場合を想定し、良好なFRP成形性を有し且つTgが250℃以上となるマトリックスを設計した。

図2に樹脂の化学構造の概念図を示す。この樹脂は室温での粘度が680mPa・sで、40℃程度に加熱すればVaRTMにも適用可能であり、80℃程度の加熱でも硬化可能なアクリル系熱硬化性樹脂である。

図3に示すような動的粘弾性測定により、80℃硬化でもGFRPがTgレスとなり、目標のTg≧250℃を達成していることが分かった。更にICCでは、耐火被覆材を可能な限り薄くし、FRPの到達温度が500℃まで上昇する場合を想定した、本質的に燃えないセミオーガニックなマトリックス樹脂の開発にも取り組んでいる。

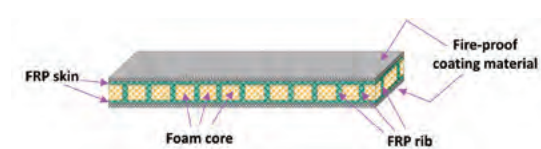


Figure 1. Fire-proof sandwiched panel for construction

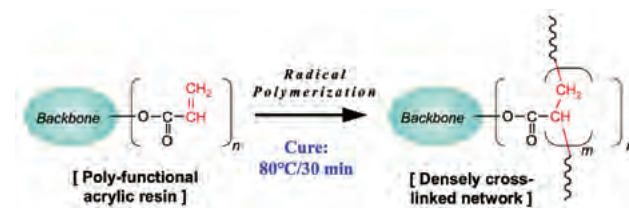


Figure 2. Conceptual diagram of chemical structure of the resin newly developed for fire-proof structural FRP

ICC pursues the development of innovative composites and manufacturing processes for infrastructure. Developing construction panel materials used in floors or walls of buildings is one of our most important pursuits. Materials are required to comply with the fire resistance standards set by the Building Law; however, this does not necessarily mean that all the constituent materials have to be nonflammable. To make panel materials conform to the fire resistance standard, we have proposed a structure in which a foam core material is sandwiched between FRP skin layers and fire-proof coating materials cover the upper and lower surfaces, as shown in Figure 1. When the panel is directly exposed to a flame, the fire-proof coating material swells up without burning, thereby forming a heat-insulating foamed layer. Since the FRP skin layer is protected from direct exposure to flames, FRP should be capable of maintaining loadability, rather than non-flammability, even at high temperatures occurring during fires. Thus, we first designed a matrix resin with good FRP moldability and a glass transition temperature (Tg) of at least 250 °C by assuming that the fire-proof coating material is sufficiently thick and the FRP temperature reaches 200 °C or less.

Figure 2 shows a conceptual diagram of the chemical structure of the resin. This resin is an acrylic thermosetting resin that has a viscosity of 680 mPa・s at room temperature, is compatible with VaRTM when heated to approximately 40 °C, and can be cured even when heated to approximately 80 °C. As shown in Figure 3, dynamic viscoelasticity measurements clarified that the GFRP using this resin became Tg-less even when the resin was cured at 80° C, and the target Tg of greater than 250 °C was achieved. In addition, ICC is working on the development of a semi-organic matrix resin for FRP temperatures up to 500 °C that is essentially incombustible, assuming that the fire-proof coating material is made as thin as possible.

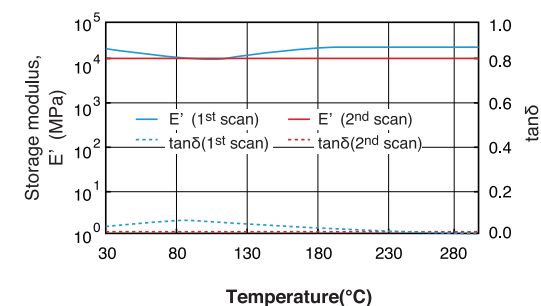


Figure 3. Dynamic viscoelastic behavior of GFRP using the new resin

プレス成形工程中の材料流動予測に基づく条件最適化手法の検討

Examination of condition optimization by predicting material flow during press molding process

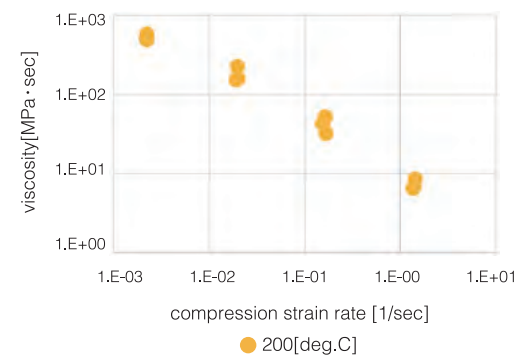


白井 武広
Takahiro Shirai



上田 久偉
Hisai Ueda

熱可塑性CFRPプレス成形は、材料の予備加熱温度や内部繊維構造、プレス成形金型搭載時の配置など様々な要因バラツキが伴うため、同一製造条件でプレス成形を行っても同じ品質の成形品が得られず歩留まりが安定しない課題がある。その課題に対して、データサイエンスを用いた新しい製造条件最適化の方法について開発を行っている。2020年度は、プレス成形金型内の材料流動挙動を計測する技術について検討を行った。加熱されたCFRP材料はプレス圧縮荷重により金型内で流動して製品形状が成形される。この材料流動を万能試験機による圧縮荷重流動試験で取得した圧縮応力とひずみデータより'みかけ粘度'を計算しマスターデータを得た(図1)。次にプレス成形金型に搭載した圧力センサと変位センサからプレス成形時の金型内材料の材料圧力とひずみより求めたみかけ粘度の値は、マスターデータと良い一致を示したことから、本検討で得た'みかけ粘度'の値はプレス成形中の材料粘度の変化、つまり材料流動の挙動を示していることがわかる。そこで、同一製造条件でプレス成形を行った4サンプルについてみかけ粘度の値を比較した結果(図2)、同一製造条件にも関わらずみかけ粘度の値が異なる結果であったため製造時の材料流動バラツキをみかけ粘度として直接確認することが出来た。このみかけ粘度のバラツキを早期に予測判定し、プレス機の金型速度を可変することで材料粘度を制御し粘度が一定となる条件で製造することが出来れば、常に同じ製造条件で製造された製品が連続的に得られ製品歩留まりが大幅な向上を期待することが出来る。今後は、本実験で得た材料流動中のみかけ粘度変化を予測し、常に同じみかけ粘度でプレス成形を行うことが出来る予測、制御技術の開発を進める計画である。



Apparent Viscosity

$$\eta_{ap} = \frac{\sigma}{\dot{\epsilon}} = \frac{1}{\dot{\epsilon}} \frac{F}{A}$$

σ : Compression stress
 $\dot{\epsilon}$: Compression strain rate
 F : compression load
 A : specimen area

Figure 1. Relationship between compressive load strain rate and apparent viscosity (calculation formula is below). CFRP material master data (material: thermoplastic epoxy CTT-CFRP, material temperature 200 °C)

The quality of thermoplastic CFRP press molding products involves various manufacturing conditions as well as factors such as the preheating temperature of the CFRP material, the internal fiber resin structure, and the alignment to the press molding die. We are developing a new manufacturing condition optimization method to solve this problem using data science technology. In FY 2020, we examined a technology to correctly measure the material flow in press molding dies for the management of quality. To form the product shape, the melted CFRP material flowed in the mold by a press compression load. This material flow was calculated from the compressive load flow test data obtained using a universal testing machine; the compressive stress and strain data were used to obtain the apparent viscosity. This value was defined as the master data (Figure 1). The apparent viscosity obtained from the material pressure and strain of the material in the mold during press molding from the pressure and displacement sensor (mounted on the press molding die) showed good agreement with the master data (Figure 2(a)). From these results, it can be seen that the apparent viscosity obtained indicates the change in material viscosity during press molding, that is, the behavior of the material flow. Comparing the apparent viscosity values of the four press-molded samples under the same manufacturing conditions, we found that the apparent viscosity values were different and that the actual manufacturing conditions varied (Figure 2(b)). If this variation in apparent viscosity can be predicted and judged at an early stage in the press molding process, and the material viscosity can be controlled by changing the die speed of the press machine to manufacture under the condition that the apparent viscosity is constant, the products will always be manufactured under the same manufacturing conditions.

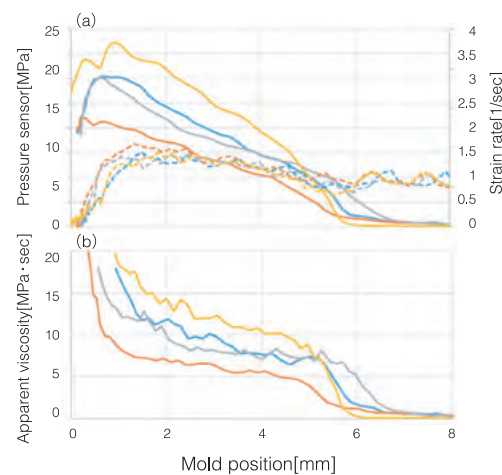


Figure 2(a) 4 Sample press molding die position and resin pressure, change in strain rate (solid line: resin pressure, dotted line: strain rate, material used: thermoplastic epoxy, press speed: 10 mm/sec, mold temperature 200 °C). (b) Change in mold position and apparent viscosity

プレス成形時の金型内流動挙動観察とシミュレーションへの応用

Observation of material flow behavior in dies during press molding and application to simulation



白井 武広
Takahiro Shirai

熱可塑性CFRPプレス成形材料の不連続炭素繊維テープランダム配向積層材料(通称:ランダムシート、CTT: Chopped carbon fiber Tape reinforced Thermoplastics)は、炭素繊維が不連続であるため材料溶融時の流動性が非常に大きく、リブ形状など複雑な3D形状が1回のプレス成形で加工が出来る特徴を有した材料である。しかし、不連続炭素繊維が積層面内からリブ形状など面外方向へ材料が流動する時の挙動は明らかになってはおらず、材料流動シミュレーションの開発が企業等で進められている。2020年度は、材料流動シミュレーションと比較検証を行うため、リブ形状を有した実験金型を用いてリブ形状の形成過程の観察を行った。図1 に実験に用いたリブ形状成形品の構造を示す。実験の方法はプレス機を位置制御により下死点よりも上方側の任意位置で静止させてプレス成形を行い成形品のリブ高さ測定を行った。図2に試験結果を示す。リブの形成は材料が金型に接した直後から始まり、金型位置の下降に伴ってリブ高さが大きくなり、下死点に到達するより手前の位置でリブは製品高さに達することがわかった。成形時の金型速度1,10mm/secの2条件で成形したリブ高さ変化の結果を比較すると、10mm/secは連続的な変化に対して1mm/secは2段階で変化している。リブ部断面を観察すると、1mm/secはプリフォーム層が同時では無くリブ側から順番に面外方向に流動していたことから、金型速度によって材料粘度を変えることで金型内の材料流動を制御出来ることが分かった。今後は、さらに詳細な解析を進めてプレス成形条件の最適化検討や材料流動シミュレーションの精度向上を目指していく予定である。

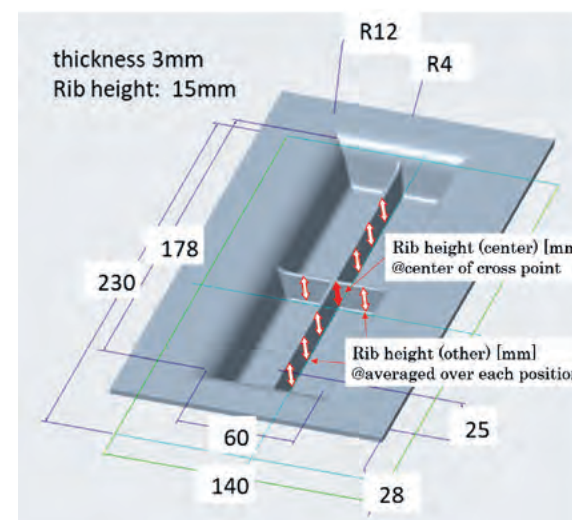


Figure 1. Rib molded product used in the experiment

Chopped carbon fiber tape-reinforced thermoplastic (CTT), which is a thermoplastic CFRP press-molding material with randomly oriented discontinuous carbon fiber tapes, has very high fluidity because of the discontinuous carbon fibers. It is therefore possible to mold complex 3-D shapes such as ribs from CTTs using a single press molding process. However, the material flow behavior in the out-of-plane direction from a discontinuous carbon fiber laminate plane has not been clarified, and the development of material flow simulation is still under investigation. In FY 2020, the formation process of the rib shape was observed using an experimental mold, with a rib shape for comparison and the experiments were verified with material flow simulation. Figure 1 shows the structure of the rib-molded product used in the experiment. The press machine was kept stationary at an arbitrary position above the bottom dead center by position control, and the rib height of the molded product was measured. Figure 2 shows the test results. The rib formation started immediately after the material came into contact with the mold surface, and the rib height increased as the mold position went down. The ribs reached the product height at a position before the bottom dead center was reached. Comparing the results of rib height change molded under two conditions of mold speeds 1 and 10 mm/sec during molding, the change for 10 mm/sec was continuous, while that for 1 mm/sec was in two stages. Observation of the cross-section of the ribs showed that the preform layer flowed out-of-plane from the rib side in the 1 mm/sec condition and not simultaneously. In the future, we plan to conduct a more detailed analysis to optimize the press-forming conditions and improve the accuracy of the material flow simulation.

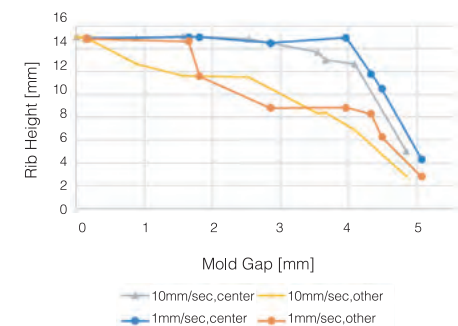


Figure 2. Changes in mold position and rib height (mold speed: 1,10 mm / sec, measurement position center: central cross, other: average value of short and long sides)

CFRTPの新しいAFPプロセスのためのPES / 電子硬化性樹脂システムの開発

Development of PES /
electro-curable resin system for CFRTP's new AFP process

ICCは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)が進める再使用可能ロケット開発の一環で、第2段ロケットエンジン用極低温推進剤タンクをCFRTP(Carbon Fiber Reinforced Thermoplastics)で製造する新しいAFPプロセスの開発を手掛けている。このタンク製造における課題は、軽量化とコスト低減である。軽量化を図るために比強度・比弾性率の高い炭素繊維強化プラスチック(CFRP)を材料として選択することは合理的であるが、従来の熱硬化型プリプレグを使用する方法では、巨大な硬化設備が必要となるためコスト高となってしまう。そこで本研究では、ドライファイバーからの「その場合浸」、自動積層、そして熱可塑性樹脂ならではのダイレクトコンソリデーションの一連の作業を可能にする新規なAFP(Automated Fiber Placement)プロセスを開発することにより、低コスト化の実現を図った。

通例、高性能CFRTPのAFPでは、マトリックスであるスーパーエンブラの融点、熔融粘度が非常に高く「その場合浸」が難しいため、樹脂が既に繊維に含浸されているプリプレグの使用が検討されるが、レーザーによる加熱では高すぎる指向性のために温度ムラが生じたり、冷却時の局所的熱応力が最終製品の性能を低下させたりすることが問題となっていた。

これらの問題を解決するために、高機能樹脂を使用する新しいAFPプロセスを特別に設計した(図1)。このシステムでは、スーパーエンブラのポリマーを電子線硬化性モノマーで希釈して、ベースポリマーの機械的特性の低下こそ伴うものの、確実にポリマーの融点と熔融粘度を低下させる。本AFPプロセスでは、ポリマーの元の融点より遥かに低い温度で樹脂が炭素繊維に容易に含浸され、「その場合浸」が可能になる。同時にこの樹脂は、樹脂含浸したカーボンテープが下層と容易に熔融一体化して積層を完了させることも可能にしている。積層後、電子線照射によって

We attempted to develop an innovative manufacturing method for high-pressure-liquified-fuel vessels made of carbon-fiber-reinforced thermoplastic (CFRTP) by automated fiber placement (AFP). In AFP for high-performance CFRTP, the employment of a prepreg wherein the resin has already been impregnated into fiber bundles would be considered because the high values of the melting point and melt viscosity of the matrix made of super-engineering plastics render in-situ impregnation difficult. Nevertheless, heating using a laser has certain limitations; for example, it causes temperature unevenness, due to excessively high directionality, and locally generated thermal stress, which occurs during cooling and deteriorates the performance of the final product.

To solve these problems, we designed a new AFP process using a highly functional resin (Figure 1). In this system, a super-engineering plastic polymer is diluted with an electron-beam-curable monomer to reduce the melting point and melt viscosity of the polymer, although this deteriorates its mechanical properties. Thus, in this AFP process, carbon fibers are easily impregnated with the resin at a temperature much lower than the original melting point of the polymer, which makes in-situ impregnation possible. Moreover, this resin enables the resin-impregnated carbon tape to be easily melt-integrated with the lower layer to complete the lamination. After lamination, the monomer is polymerized by electron beam irradiation, and concurrently, the properties of the matrix resin are restored. This resin system can be applied to pressure vessel manufacturing. An example of such an apparatus is shown in Figure 2.



西田 裕文
Masafumi Nishida



稲垣 昌輝
Masaki Inagaki



山下 博
Masashi Yamashita

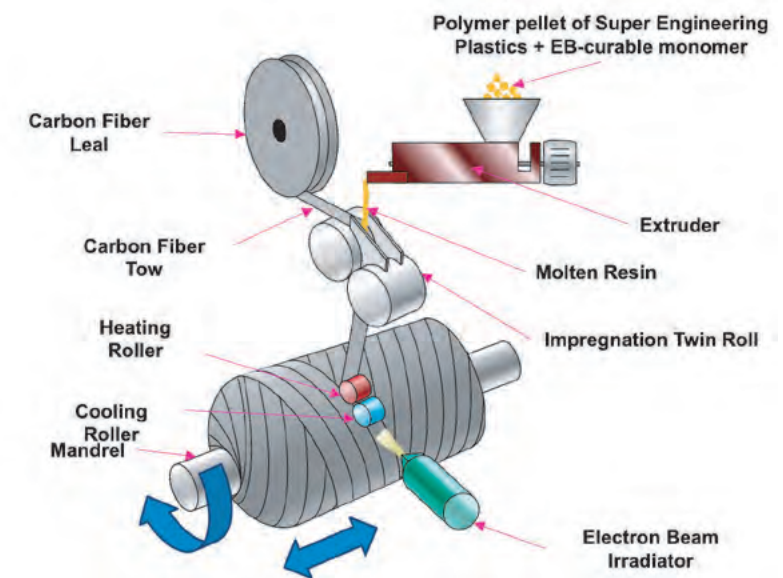


Figure 2. In-situ impregnation filament winding apparatus using electron beam irradiation for manufacturing high pressure vessel

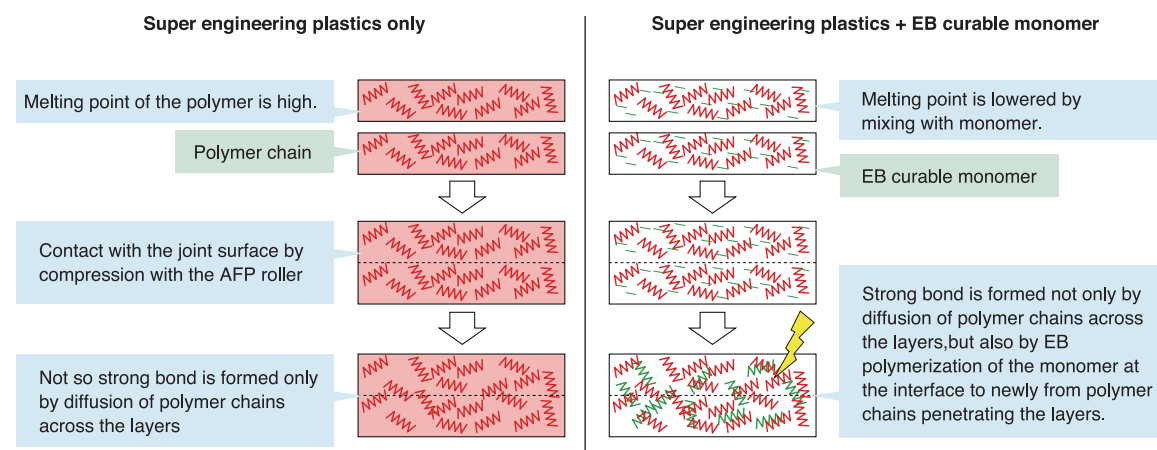


Figure 1. Difference of inter-layer joining mechanism in laminating process by AFP

モノマーは重合し、それと同時にマトリックス樹脂は特性を回復する。この樹脂システムは、例えば、図2のような装置により圧力容器製造に適用される。

今回スーパーエンブラとしてPES(ポリエーテルスルホン)を使用し、電子線硬化性モノマーとしてTAIC(トリアリルイソシアヌレート)とPA6(ポリアミド6)の混合物を使用した場合の、新提案システムの可能性検討を行なった。ここで、TAICはラジカル付加を受ける二重結合含有モノマーとして機能し、PA6は電子線照射によって誘起されるラジカル発生剤として機能する。我々はまず、モノマーの添加により熔融粘度が劇的に低減することを確認した。次に、様々な比率でモノマー添加されたPESフィルムの引張強度の電子線照射線量依存性を測定した(図3)。その結果、PES単独の引張強度が78MPaであったのが、モノマー混合系PES/TAIC/PA6(=7/3/3)では28MPaまで低下するが、電子線を500kGy照射することにより60MPaまで回復することが分かった。今回の検討により、提案した樹脂システムの有効性が確認された。

In this work, a feasibility study of the newly proposed system was performed using polyethersulfone (PES) as a super-engineering plastic polymer, and the mixture of triallyl isocyanurate (TAIC) and polyamide 6 (PA6) was used as an electron-beam-curable monomer. Here, TAIC functions as a double-bond-containing monomer that undergoes radical addition, and PA6 functions as a radical generator induced by electron beam irradiation. We first confirmed that the addition of the monomer drastically reduced the melt viscosity. Next, the electron beam irradiation dose dependence on the tensile strength of the PES films with various monomer ratios was measured (Figure 3). As a result, it was found that the PES originally had a tensile strength of 78 MPa. However, this value was reduced to 28 MPa by mixing with a monomer such as PES/TAIC/PA6 (7/3/3), and the tensile strength recovered to 60 MPa upon irradiation with an electron beam of 500 kGy. This examination confirms the effectiveness of the proposed resin system.

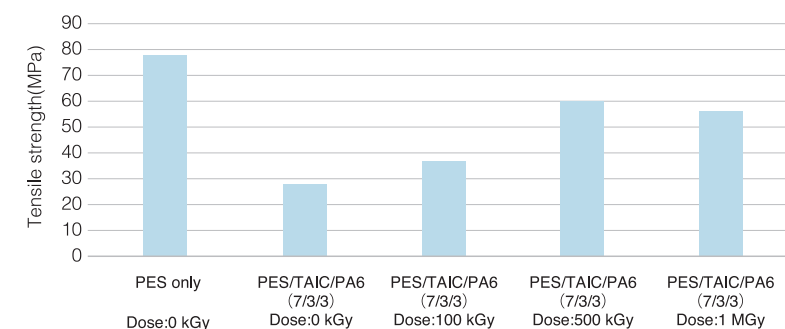


Figure 3. Relationship between electron beam dose and strength of PES containing EB curable monomer

マトリックス樹脂と溶融一体化する廃棄レスなフローメディアの開発

Development of waste-free flow media that can be melt-integrated with matrix resin



我々は、Vacuum assisted resin transfer molding (VaRTM) 工程においてツール面に配置することで樹脂の流動性を向上させるとともに、成形品と溶融一体化して表面性状も向上させる廃棄レスなフローメディアの開発を行っている。フローメディアには、マトリックス樹脂であるエポキシ樹脂と分子構造が類似しているフェノキシ樹脂を用いることで相溶性向上に伴う高接着化が期待できる。本年度は、フェノキシ樹脂製繊維自体と注入樹脂であるエポキシ樹脂との接着性に関して調査した。

ガラス転移温度 (T_g): 80-90℃、重量平均分子量: 約41,000のフェノキシ樹脂を溶融紡糸し、一方向に引き揃えた目付 136 g/m²のフェノキシ樹脂製UDシートを作製した。このUDシートをエポキシ樹脂中に体積含有率40%となるように埋め込んで硬化させた樹脂板を成形した。本研究では、酸無水物硬化系エポキシ樹脂を用い、一次硬化を90℃または130℃で行った後、どちらの条件でもポストキュアを140℃で行った。

フェノキシ繊維の方向が0°および90°の成形板の曲げ強度および曲げ弾性率を測定した(図1)。130℃で一次硬化した成形板の90°曲げ強度および弾性率は、繊維0°方向およびエポキシ単体(フェノキシ樹脂繊維無し)と比較して大きな低下は見られなかったが、90℃で硬化させた場合の90°曲げ強度および弾性率は著しく低下した。また、成形板を液体窒素中で繊維方向に破断させた破断面をFE-SEMで観察した結果(図2)、フェノキシ樹脂繊維とエポキシ樹脂の界面近傍では溶融一体化していることが示唆された。以上の結果から、エポキシ樹脂の硬化をフェノキシ樹脂の T_g よりも十分高い130℃で行うことで、フェノキシ樹脂繊維とエポキシ樹脂の界面で溶融一体化が起こり、界面接着力が向上し、マトリックス樹脂の曲げ物性を維持したと考えられる。

今後は、より低温下でも樹脂に対して良好に接着するフローメディアの開発を目指す。

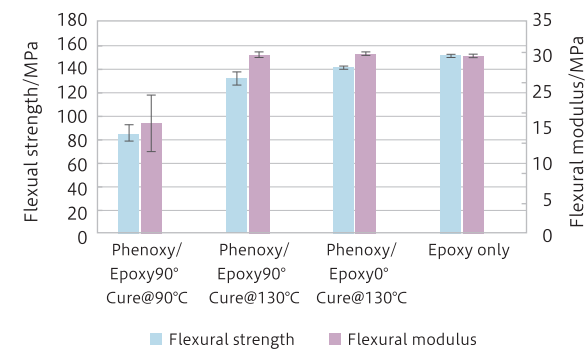


Figure 1. Flexural property of Phenoxyl / Epoxy and Epoxy resin

We have been developing waste-free flow media that can improve the fluidity of resins by attaching to the tool surface in vacuum-assisted resin transfer molding (VaRTM). Additionally, the media can improve the surface texture by melt-integration with the molded product. The flow media comprise a phenoxy resin similar in molecular structure to an epoxy matrix resin, thus, increasing the adhesion because of improved compatibility. This year, we investigated the adhesion between the phenoxy resin fiber and epoxy resin matrix.

Phenoxy resin has a glass transition temperature (T_g) in the range of 80–90 °C and a weight average molecular weight of about 41,000. The resin was melt-spun to obtain unidirectionally (UD) aligned phenoxy fiber sheet with areal weight of 136 g/m². The UD phenoxy fiber sheet was embedded in an epoxy resin with a volume content of 40% to obtain cured resin plates. This study employed an acid anhydride cure-type epoxy resin. The primary curing was performed at 90 °C or 130°C, followed by post-curing at 140°C for both samples.

The bending strength and flexural modulus of the obtained cured plates were measured in the direction of 0 or 90° with respect to phenoxy fiber orientation (Figure 1). The 90°-bending strength and flexural modulus of the molded plate primary-cured at 130°C did not show a significant decrease in the 0°-direction and compared with the epoxy alone (without phenoxy resin fiber). However, the plates primary-cured at 90°C exhibited significantly reduced 90°-bending strength and flexural modulus for samples with phenoxy fibers. Further, field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) observation of the fracture surface of the molded plate fractured in the fiber direction in liquid nitrogen revealed the melt-integration of phenoxy fiber and epoxy resin at the interface (Figure 2).

The aforesaid results indicate that curing epoxy resins at 130°C, that is, at sufficiently higher temperature than T_g of phenoxy resins, caused melt-integration at the interface between the phenoxy fiber and the matrix resin, thereby improving the interfacial adhesive strength.

In future, we aim to develop flow media with strong adhesion for resins, even at lower temperatures.

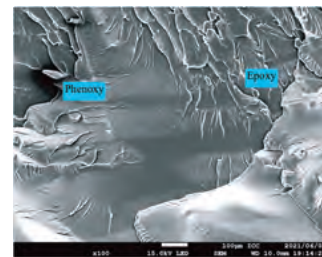


Figure 2. SEM image of Phenoxyl / Epoxy cured at 130°C

部分曲げ加工におけるシワ形態とその破壊挙動

Wrinkle configurations and its fracture behavior through the partial bend-forming



本研究は、低容量加熱と低加工負荷が可能な部分曲げ加工プロセスの開発を進めている。部分曲げ加工プロセスは、単純断面形状の厚板CFRTP剛性部材の低コストかつ簡便な加工手法として、十分な可能性がある。しかし、部分曲げ加工において、曲げ部に必ずシワが形成され、特定のシワ形態は著しい強度低下と剛性や強度のバラツキの原因となる。そこで、シワの形成過程を制御することで、意図したシワ形態の形成が可能な多段モーション部分曲げ加工プロセス(ICC annual report 2019参照)を提案した。

多段モーション部分曲げ加工プロセスにおいて、制御可能なシワ形態は3つのタイプに大別できる。それらのシワ形態を図1に示す。(a); 全層が積層内に潜り込むことにより、左右非対称な大きなシワをもつタイプ、(b); 数層が積層内に潜り込むことにより、内側数層から成る左右対称なシワが形成されるタイプ、(c); 数層から成る小さなシワが複数かつ分散して形成されるタイプ。(a)と(b)はシワの重なり面が形成されるが、(c)には形成されない。次に、CBS(Curved Beam Strength)試験において、それぞれシワ形態の破壊モードの特徴を示す。(a)と(b)のシワ形態の場合は、シワの重なり面の剥離により破壊に至る。(c)のシワ形態の場合は、層間剥離により破壊に至るが、層間剥離は衝撃的に進展しない。分散した小さなシワが、層間剥離の伝播を抑えている可能性がある。また、(a)のシワ形態は、まれに高いCBSが出現する場合がある。しかし、(a)のシワ形態は、シワ形成が不安定であることや左右非対称であることにより、機械特性のバラツキが大きい。よって、構造部材に適用可能なシワ形態は、(c)の分散シワ形態であると考ええる。

本研究において開発した多段モーション曲げ加工プロセスは、部分曲げ加工で必ず生じるシワの制御が可能であること、分散したシワ形態が機械特性の低下やバラツキを抑えることを実証できた。現在、様々な繊維基材／マトリクス樹脂／積層構成にたいして、多段モーション曲げ加工プロセスの実証と評価を進めている。

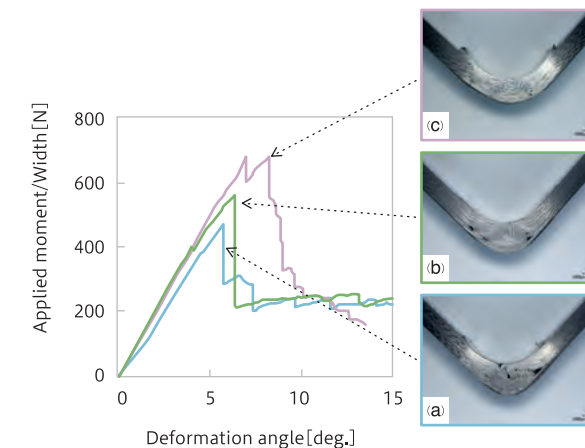


Figure 1. Types of wrinkle configurations and typical curves of the CBS tests

The purpose of this research is to develop a partial bend-forming process that enables low-capacity heating and a low processing load. The partial bend-forming process has sufficient potential as a low cost and simple process for thick plate CFRTP parts with a simple cross-sectional shape, such as S-beams for stiffeners, flat plate edges, and blankets. However, in the partial bend-forming process, wrinkles are always formed in the bent portion, and some types of wrinkle configurations cause a significant decrease in strength and variation in stiffness. Therefore, we propose a multi-motion partial bend-forming process (see ICC annual report 2019) that enables the formation of the designed wrinkle configuration by controlling the wrinkle formation process.

In the multi-motion partial bend-forming process, formation-controllable wrinkles can be broadly classified into three types. The wrinkle configurations described herein are illustrated in Figure 1. The types are (a) a type with large asymmetric wrinkles consisting of all layers laminated with S-shaped folds; (b) a type with symmetrical wrinkles consisting of some layers laminated with S-shaped folds; and (c) a type with multiple small wrinkles consisting of several layers formed in a dispersed manner. In (a) and (b), an overlapping wrinkle surface forms, but not in (c). The characteristics of the wrinkled fracture mode are explained by the curved beam strength (CBS) test results. The failure of the wrinkles in (a) and (b) occurs via the separation of the overlapping wrinkle surface. The failure of wrinkles in (c) occurs by delamination, but does not propagate at once. These dispersed numerous, small wrinkles suppress the propagation of delamination. In rare cases, a high CBS may arise in the wrinkles of type (a). However, wrinkles in (a) exhibit large variations in mechanical properties due to their unstable configuration and left–right asymmetry. Therefore, it is concluded that the wrinkle configuration applicable to structural parts is the dispersed wrinkle configuration in (c).

The developed multi-motion partial bend-forming process can control the wrinkling that occurs in partial bending. It was confirmed that the dispersed wrinkle morphology suppressed the deterioration and variation of the mechanical properties. Currently, this process has been verified for various laminated materials such as matrix resin, reinforced fiber, and textiles.

配電設備のより線と巻き付けグリップへのCFRTPの適用

Study of the use of CFRTP for stranded wire and winding grips of electric power distribution equipment



植村 公彦
Kimihiko Uemura



保倉 篤
Atsushi Hokura



埜口 史郎
Shiro Noguchi

インフラ設備の鋼材を複合材料に代替えることで、軽量化による作業性の向上や、耐腐食性によるメンテナンスコストの削減が期待できる。本研究では、配電線や電柱を支える支線の複合材料化を目的として、より線および巻き付けグリップのCFRP化を検討した。

図1に支線と端部に巻き付けグリップが使われている様子を示す。今回、より線と巻き付けグリップにはブレード材で被覆されたCFトウと熱可塑性エポキシ樹脂によるCABKOMA®(小松マテレー社)を使用した。巻きグリップのらせん形状は熱可塑性を利用して加工できた。しかし、巻き付けグリップは敷設時により線に巻き付けて固定するため、より線との定着力が課題となった(図2)。

そこで、以下の定着方法を検討した。

1. 巻きグリップ内側のすべり止めガーネットによる摩擦力定着
2. 接着剤による固着
3. インターレイヤー材による巻き付けグリップ/より線間の勘合力による定着

強度試験の結果を図3に示す。ガーネットは従来の鋼材では有効な方法だが、FRP材では滑りが生じガーネットにより被覆層が削られてしまうため、十分な定着力が得られなかった。接着剤による固着では、接合強度は高いもののグリップ部端部への応力集中から、より線自身の強度低下を招く結果となった。また、敷設時の天候条件を考慮すると接着剤の利用は現実的では無い。そこで、組編ブリプレグをより線と巻き付けグリップの間に挿入して硬化させ、両者の凹凸に勘合させた中間層を形成させたところ、規格値を大きく上回る接合強度を得ることが出来た。

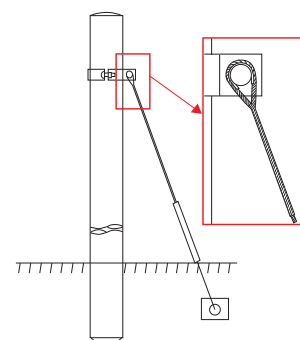


Figure 1.
Application location

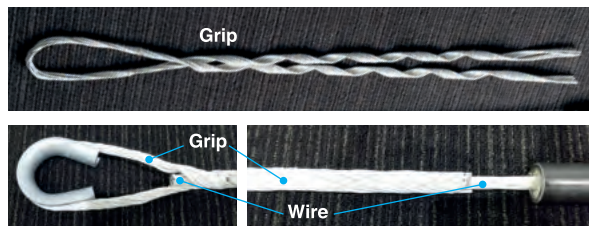


Figure 2. Above: Stranded wire with CABKOMA®
Bottom: Winding grip made of CFRTP

By replacing the steel in infrastructure facilities with composite materials, it is anticipated improving workability due to weight reduction and reducing maintenance costs due to corrosion resistance. In this study, we investigated the use of CFRP for stranded wires and winding grips for the purpose to make composite materials for distribution lines and branch lines that support utility poles.

Figure 1 shows the use of wires and winding grips at the end. The wire and the grips, we used CABKOMA®(Komatsu Matere), which was composed of CF tow covered with braided fabric and thermoplastic epoxy resin. For the grip, the spiral shape can be formed by thermoplasticity, but since it is installed by wrapping it around the wire on-site, the fixing force with the stranded wire becomes an issue (Figure 2).

Therefore, the following fixing methods were tried.

1. Friction fixing by garnet inside the grip
2. Adhesive bonding
3. Fitting by interlayer material between grip and wire

The results of the strength test are shown in Figure 3. Garnet is an effective method for conventional steel materials. However, in FRP materials, sufficient fixing force could not be obtained because slippage occurred and the covering layer was cut off by the garnet. In the case of adhesive bonding, although the bonding strength is high, the stress concentration on the end of the grip results in a decrease in the strength of the wire itself. Moreover, depending on the weather conditions at the time of construction, the adhesive cannot be used. Therefore, the braided prepreg was inserted between the wire and the grip and then cured. As a result, the fixing force exceeding the standard value was obtained by the intermediate layers fitted to each other's surfaces.

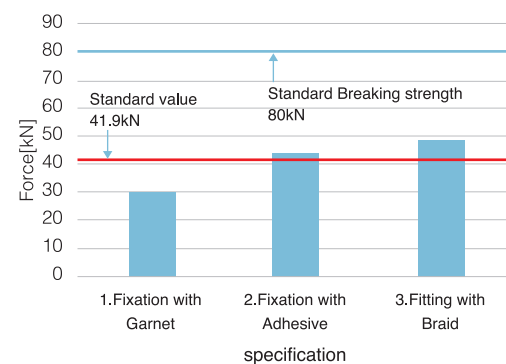


Figure 3. Results of strength test

CFRTPストランドの用途拡大に向けた端部定着構造の開発

Development of end fixing structure for expanding the use of CFRTP strands



高岩 裕也
Yuya Takawa

ICCは、熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材料より線(CFRTPストランド)とソケットを熱溶着することで、木造建築物の耐震補強部材として適応可能な靱性能を有する図1のような径6φのCFRTPストランドの端部定着構造を開発した。CFRTPは鋼鉄に比べて、軽くて、高強度、錆びない、結露しにくいといった特長を有しており、特にCFRTPストランドの錆びないという性質が塩害地域における鉄筋コンクリート構造の鉄筋の代替品として期待されており、適応に向けた既往研究・実施事例が数多く存在する。ここで、鉄筋コンクリート構造等の他種構造への適応を考えると、CFRTPストランドの太径化が求められるため、開発した端部定着構造がCFRTPストランドを太径化した場合にも適応できるかを検証することで、用途拡大が期待できると考えた。以上のことから、CFRTPストランドの太径化が端部定着構造の構造性能に与える影響を引抜き試験、試験後のX線CTによる断面観察によって確認した。その結果、CFRTPストランドの太径化に応じて、CFRTPソケットの貫通孔からソケット最外縁までの最短距離を大きくすることで、径9φにおいても径6φの場合と同等の構造性能を得ることができると明らかとなった。

これらの知見は、建築・土木分野へのCFRTP適応といった観点で有用なものである。現在、図2、3に示す実在する木造建築物の耐震補強への適応(2022年着工予定)や、図4、5に示す鉄筋コンクリート構造(RC構造)、プレストレストコンクリート構造(PC構造)への適用に向けた実験研究に採用されるなど、建築・土木分野へのCFRP適応に向けて着実に研究知見の構築がおこなわれている。

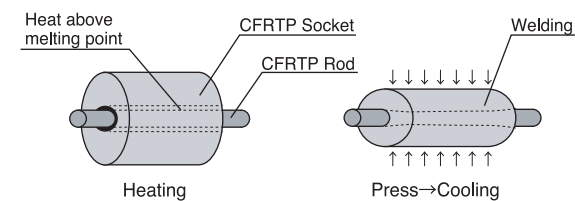


Figure 1. Outline of end fixing structure



Figure 2. Adaptation to seismic retrofitting cases of existing wooden buildings



Figure 3. Molded strands with a diameter of 6φ



Figure 4 .Experiment for application to PC structure



Figure 5. Diameter 9φ Dismantling survey after experiment

令和2 (2020) 年度：Achievement in FY2020

著 書

1. 鵜澤澤, “プラスチックにおける複合材料の技術動向と展開”, プラスチックエージ, 66巻10号, pp.74-84, Oct., 2020.
2. 山下博, 上田久偉, 附木貴行, “ 第5章 第2節 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改善”, CFRP/CFRTPの界面制御、成形加工技術と部材応用, pp.121-128, Dec., 2020.

論 文

1. 保倉篤, 宮里心一, “熱可塑性FRPロッドのコンクリート用補強筋への適用可能性の評価”, 材料, Vol.69 No.4, pp.335-342, Apr., 2020.
2. 保倉篤, 宮里心一, 岡村脩平, 岡本大士, 倉方裕史, “異なる温度の水中と気中に暴露されたアラミド短繊維補強コンクリートの曲げ性能の経時変化”, 土木学会論文集E2, 76巻4号, pp.374-385, Dec.,2020.
3. Osuke Ishida,Junichi Kitada,Katsuhiko Nunotani,Kiyoshi Uzawa,“Impregnation and resin flow analysis during compression process for thermoplastic composite production”, Advanced Composite Materials, Vol.30 sup1, pp39-58, Jan., 2021.
4. 高岩裕也, 軽賀英人, 田中康典, 鵜澤澤, “建築用CFRP サンドウィッチパネルの耐火性能評価”, 日本複合材料学会誌, 138巻1号, pp.32-41, Jan.,2021.
5. Laszlo Szabo, Romain Milotskyi, Hisai Ueda, Takayuki Tsukegi, Naoki Wada and Kenji Takahashi, “Controlled acetylation of kraft lignin for tailoring polyacrylonitrile –kraft lignin interactions towards the production of quality carbon nanofibers”, Chemical Engineering Journal, Vol. 405, pp. 126640-126640, Feb., 2021
6. 高岩裕也, 布谷勝彦, 鵜澤澤, “靱性を有するCFRPストランド端部定着の開発”, 日本建築学会技術報告集, 27巻65号, pp.108-113, Mar., 2021.
7. 西田裕文, 芳野一希, “Development of Ultra-rapidly Curable System Using Micro-coated Isocyanate Particle”, 日本接着学会誌, 57巻3号, pp.90-98, Mar.,2021.
8. 西田裕文, 平山紀夫, 仙波拓, “Tgレスエポキシ樹脂を用いたクリープレスFRPの作製と機械的特性評価”, 日本複合材料学会誌, 47巻2号, pp.43-50, Mar., 2021.
9. 保倉篤, 宮里心一, 山岡英孝, “温度変動と水の有無がコンクリートとFRPロッドの付着強度に及ぼす影響”, セメント・コンクリート論文集, 74巻1号, pp.147-154, Mar., 2021.

講 演

1. 西田裕文, “プロセスから見た樹脂技術”, 2020年度第1回複合材入門講座熱硬化成形技術シリーズ1-2, オンライン, Sep., 2020
2. 鵜澤澤, 布谷勝彦, “最新リキッドモールドイング技術”, 2020年度第1回複合材入門講座熱硬化成形技術シリーズ1-2, オンライン, Sep., 2020.
3. 鵜澤澤, 中島正憲, “サンドイッチパネルの成形技術”, PIDCセミナー, オンライン, Oct., 2020.
4. 鵜澤澤, 中島正憲, “サンドイッチパネル”, PIDCセミナー, オンライン, Oct., 2020.
5. 布谷勝彦, “熱可塑性FRPの量産化技術”, 石川県次世代産業育成講座・新技術セミナー, Nov., 2020.
6. 鵜澤澤, “建設分野への複合材料の適用拡大を目指した革新的成形技術のとりくみ”, 繊維補修補強協会講演会, 建築会館, 港区, 東京都, Nov., 2020.
7. 西田裕文, “エポキシ樹脂の架橋ゼロ重合と架橋フル重合”, 日本材料科学会北信越地区支部第6回総会・講演会, 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, Dec., 2020.

令和2 (2020) 年度：Achievement in FY2020

口頭発表表(抄)

1. 山下博, 鵜澤澤, “シリカ微粒子で改質した炭素繊維を用いた複合材料の界面接着性”, 第3回COI学術交流会, オンライン, Jul., 2020.
2. 布谷勝彦, 鵜澤澤, “CFRTP の曲げ加工のフォーミングシミュレーションと実験の比較”, 第3回COI学術交流会, オンライン, Jul., 2020.
3. 白井武広, “不連続繊維CFRPプレス成形加工時の繊維配向変化と機械特性の検証”, 第3回COI学術交流会, オンライン, Jul., 2020.
4. 上田久偉, 松本大輝, 山下博, 乾伸晃, 鵜澤澤, “高速引抜成形を用いたコンクリート用FRP補強筋の開発と性能について”, 第3回COI学術交流会, オンライン, Jul., 2020.
5. 石田応輔, 北田純一, 鵜澤澤, “固定ローラー式ダブルベルトプレスによる樹脂含浸プロセスの検討”, 第3回COI学術交流会, オンライン, Jul., 2020.
6. 鵜澤澤, “これからの複合材料が果たす建設分野への役割”, 建築技術デジタル革新に関する研究会, オンライン, Aug., 2020.
7. 高岩裕也, 松本大輝, 石田応輔, 鵜澤澤, “Iosipescu法によるランダム配向型熱可塑性CFRP板のせん断特性評価”, 第45回複合材料シンポジウム, オンライン, Sep., 2020.
8. 保倉篤, 宮里心一, “社会人基礎力とCDIOに照合した大学生の教育効果”, 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会, オンライン, Sep., 2020.
9. 蔭田壮志, 中田政之, 宮野靖, 西田裕文, 林豊, 鵜澤澤, “熱可塑性樹脂を用いた一方CFRTPの引張クリープ寿命に及ぼす吸水の影響”, 第45回複合材料シンポジウム, オンライン, Sep., 2020.
10. 中田政之, 宮野靖, 森澤洋子, 伊崎健晴, 平野泰規, 鵜澤澤, “一方CF/PP複合材料の曲げクリープ寿命の評価”, 第45回複合材料シンポジウム, オンライン, Sep., 2020.
11. 石田応輔, 北田純一, 青野芳大, 布谷勝彦, 鵜澤澤, “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含浸流動挙動の検討”, 第45回複合材料シンポジウム, オンライン, Sep., 2020.
12. 松本大輝, 笠川英寿, 土屋芳信, 布谷勝彦, 鵜澤澤, “NCFにおける異なるステッチが浸透率に及ぼす影響-面内方向の浸透率K値について-”, 第45回複合材料シンポジウム, オンライン, Sep., 2020.
13. 奥村航, 西田裕文, 杉俣悦郎, 長谷部裕之, 布谷勝彦, 森大介, 鵜澤澤, “現場重合型熱可塑性エポキシをマトリックス樹脂とするオルガノシートの成形”, 第45回複合材料シンポジウム, オンライン, Sep., 2020.
14. 保倉篤, 宮里心一, “塩分環境下で暴露したコンクリート梁の電気化学的測定および曲げ耐力に関するFRTPロッドと鉄筋の比較”, 第8回FRP複合構造・橋梁に関するシンポジウム, オンライン, Nov., 2020.
15. 太田智大, 平山紀夫, 西田裕文, 鵜澤澤,山田欣範, 竹川淳, “現場重合型熱可塑性樹脂を用いたFRTPの連続成形法の開発”, プラスチック成形加工学会第28回秋季大会, オンライン, Dec., 2020.
16. 西田裕文, “樹脂の基礎”, 2020年度JCOM若手ウェビナー, オンライン, Dec.,2020.
17. 杉俣悦郎, 西田裕文, 奥村航, 長谷部裕之, 布谷勝彦, 森大介, 鵜澤澤, “現場重合型熱可塑性エポキシをマトリックス樹脂とするCFRTPの力学的性質の評価”, 繊維学会秋季研究発表会, オンライン, Dec., 2020.
18. 中田政之, 蔭田壮志, 宮野靖, 西田裕文, 林豊, 鵜澤澤, “繰り返し荷重下における一方CFRTPの統計的寿命の推定”, JCCM-12, オンライン, Mar., 2021.
19. 白井武広, 坂口真実, 鵜澤澤, 木村健士, 土岐貴弘, 本直樹, 黄緒明, “不連続炭素繊維ランダム配向積層板のX線位相イメージングによる繊維配向解析と配向データを用いた損傷解析”, JCCM-12, オンライン, Mar., 2021.
20. 鵜澤澤, 中島正憲, “複合材低コスト製造技術の最新動向”, 一般社団法人日本航空宇宙工業会・令和2 年度第2 回SJAC 講演会, オンライン, Mar., 2021.

ICC メンバーシップ会員における産学連携活動の成果

Outcomes from Industry-Academia collaboration activities among ICC membership program

メンバーシップ会員は本学の派遣研究員として受け入れることにより、プラットフォームとしてのICCを活用した産学連携活動を行うことができます。ここではメンバーシップ会員の研究活動の様子及びその成果に関して紹介します。

今年度は新型コロナウイルスの影響で大きく活動が制限されましたが、本来この活動は異業種・異分野の企業間のコラボレーションにもつながるものであり、ICCでは今後もオープンラボ・イージーアクセスを目指し、新しい形態のオープンイノベーション環境を提供していきます。

Members can engage in collaborative activities with the industry and academia using ICC as a platform by accepting invitations as a visiting researcher at our university. This section introduces research activities conducted by members and their achievements.

This year, the research activities were severely restricted due to the influence of COVID-19; however, these activities originally led to a collaboration between companies in different industries and fields, and the ICC will continue to promote an open innovation environment for free access laboratories.

TXM 連続成形機の開発

津田駒工業株式会社 TSUDAKOMA Corp.

Development of TXM continuous molding machine

航空機はもとより自動車、建築にも使える構造材として、カーボンプロファイルの連続成形に取り組んでいる。間欠プレスによるバッチ方式では、温度・時間・送り速度が重要なパラメータとなっており、材料によって最適なパラメータを選択することが品質を高めるうえで重要であることが知られている。

COIでの研究も終盤に差し掛かった頃、繊維のヨレがそのまま成形されて強度に影響するという課題が表面化した。その対策として急遽フェーズ3の1年目にクリールによる材料張力の制御を追加し、良好な結果を得ることができた。結果として我々は、この成形方法において、もう一つの重要なパラメータを見つけることに成功した。

現在は、ドイツComposites Unitedとの共同研究において、次世代航空機に向けた長尺構造材の開発に取り組んでいる。



西村 勲
Isao Nishimura



山村 浩二
Koji Yamamura

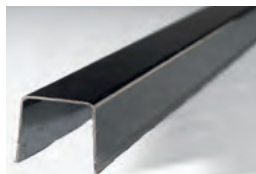


川本 頌也
Nobuya Kawamoto

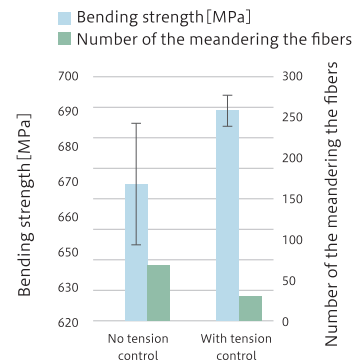
We are working on continuously forming carbon profiles as structural components that can be used not only in aircraft but also in automobiles and construction. Important parameters in the batch method using intermittent presses are temperature, time, and feed rate, and it is known that selecting the most appropriate parameters according to the material is important to maintain quality. Toward the end of our research at the COI, an issue surfaced in that the meandering of the fibers during preforming could directly affect the strength of the material. As a countermeasure, we controlled the tension of the material by creels in the first year of Phase 3, and we were able to obtain good results. In conclusion, we succeeded in finding another important parameter for this molding method. Currently, we are working on developing long structural materials for next-generation aircraft in collaboration with Composites United e.V., Germany.



TXM continuous molding machine in full



Example of molding profile



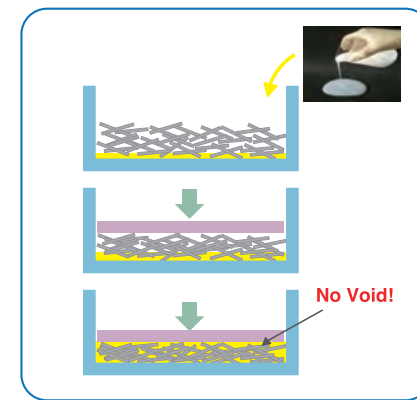
Change in strength due to additional

RPM 成形による気泡レス厚肉 CFRTP ブロック材成形

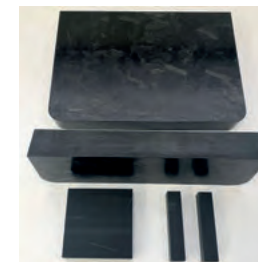
石川樹脂工業株式会社 Ishikawa Jyushi Co., Ltd.

Void-less thick CFRTP block material molding by RPM molding

石川樹脂工業㈱では、長年培ったインジェクション成形とプレス成形、金型加工の技術を用いICC、石川県工業試験場と連携しReaction Press Molding (現場重合型プレス成形、以下RPM成形)の新技術を確立、成形時間を短縮しながら気泡レス成形を達成することに成功しました。(石川樹脂工業(株)・金沢工業大学・石川県が共同特許取得済み。特許第6675666号、令和2年3月13日登録)金属プレートの代替品以外にも厚肉であることで幅広い試作品が切り出し、切削により可能となります。弊社では成形に使用している6軸ロボットの先端部のハンドをこの厚肉プレートから作成し軽量化、成形サイクルを短縮することが出来ました。



Reaction Press Molding



Left: Processing example using CFRTP thick block material



Right: Lightweight robot hand: -30% by weight compared to aluminum hand

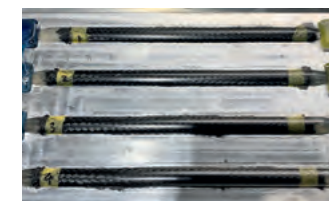
Ishikawa Jyushi Co., Ltd. has used the injection molding, press molding, and mold processing technologies developed over many years to collaborate with ICC and Industrial Research Institute of Ishikawa to introduce a new technology for reaction press molding (in-situ polymerization type press molding, hereinafter referred to as RPM). We succeeded in achieving void-less molding while reducing the establishment and molding time. (Ishikawa Jyushi Co., Ltd. and Kanazawa Institute of Technology, Ishikawa Prefecture have jointly obtained a patent: Patent No. 6675666, registered on March 13, 2nd year of Reiwa.)

In addition to metal plate substitutes, the thick wall allows a wide range of prototypes to be cut out. Our company developed the hand at the tip of the six-axis robot used for molding from this thick plate, and we were able to reduce the weight and shorten the molding cycle.

A-LFT バレットを用いた CFRTP 製ボルトの開発

Development of CFRTP bolts using A-LFT bullets

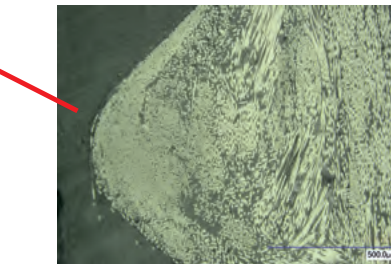
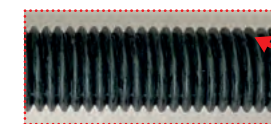
A-LFTとはApplied(最適に適合された)、Aligned(整列した)、Advanced(革新的な)、Long Fiber(長繊維)、Thermo Plastic(熱可塑性樹脂)の略で組紐技術を用い、Vf、繊維配向を制御した長繊維の熱可塑性複合材料の「バレット(弾)」と呼称する棒状成形物をVaRTM成形する。次に、それをヒート&クールでネジ形状にプレス成形。射出成形では実現出来なかった長繊維で配向されたハイサイクル(1サイクル180秒)で高強度(引張強度700MPa以上)のCFRTPボルトの成形に成功しました。現在は更なる成形サイクル、強度の向上を目指しバレット成形をICCと連携し開発中です。



VaRTM molded bullet



CFRTP M12 bolt



Screw thread cross-section observation photograph

A-LFT is the abbreviation for applied, aligned, advanced, long fiber, thermo plastic, which uses braid technology and Vf. First, VaRTM molding is used to impregnate the braid with resin to form a rod-shaped molded product called a bullet, which is a long-fiber thermoplastic composite material, with controlled fiber orientation. Next, it is heated and cooled to form a screw shape. We have succeeded in molding CFRTP bolts with high strength (tensile strength of 700 MPa or more) and high cycles (180s per cycle), oriented with long fibers, which could not be achieved by injection molding. Currently, we are developing bullet molding in collaboration with ICC with the aim of further improving the molding cycle and strength.

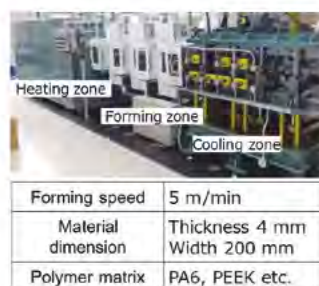
CFRTP 材のロールフォーミング技術の開発 大同工業株式会社 DAIDO KOGYO CO., LTD.

Development of Roll-Forming Technology for CFRTP Materials

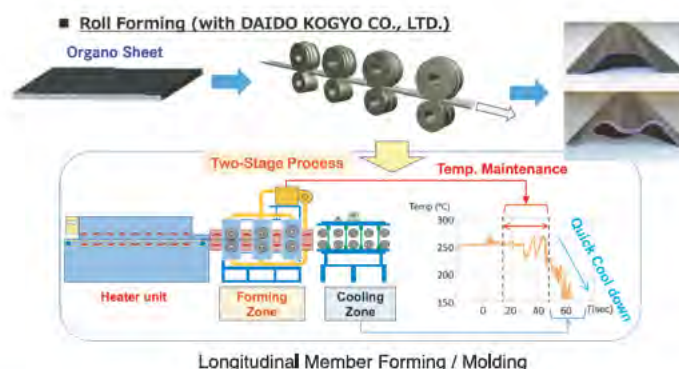
大同工業株式会社では、既存事業における鉄リム等の製造に活用しているロールフォーミング工法に注目し、CFRTP材における高速連続成形技術の開発を革新複合材料研究開発センター(ICC)と共同で行っている。

ロールフォーミングは一般的に複数のロール間に金属板を通過させながら少しずつ形状を付与する加工技術で、一定断面の長尺部材製造に適しており高い生産性を兼ね備えている。弊社ではこの技術をCFRTP板材の加工適用に向け、開発に取り組んでおり、自動車・一般産業・航空関連分野等への展開を目指している。

CFRTPは常温では金属のように塑性加工ができないため、材料を加熱する加熱工程、加熱により軟化した材料を熱間加工する成形工程、成形した材料を固化する冷却工程を備えた装置を開発し、CFRTP材のロールフォーミングを可能とした。



Outline of developed RF system



間嶋 利幸
Toshitsuki Majima



真柄 隆司
Takashi Makara



中村 芳輝
Yosuke Nakamura



グエン・タン・コン
Nguyen Thanh Cong

Based on the roll-forming (RF) experience of steel rims, we are developing high-speed continuous RF of CFRTPs in collaboration with ICC.

In RF, a long strip of sheet metal is gradually bent until the desired profiles by consecutive roll sets are achieved, which is ideal for producing long parts with high throughput. To utilize the advantages of the RF not only for metals, but we are also actively developing an RF process for CFRTP laminates that are used in automobiles, aviation, and industries in general.

The developed RF system was equipped with three main zones: a heating zone for heating the materials, a forming zone for hot molding, and a cooling zone for solidifying, which enabled RF of CFRTPs.

Currently, the developed machine is being modified for the RF of a wide range of materials with different reinforcements and matrices.

本頁で紹介した研究成果には、ICCとの共同研究だけでなく他のメンバーシップ企業とも連携して開発された成果が多く含まれています。

ICCメンバーシッププログラムは、ICCをコンポジット研究のサテライトラボとして、会員の皆さまに利用してもらう事を目的にしておりますが、それは同時に、会員企業それぞれが得意とする装置や材料をICCに持ち込んで貰える事でもあります。それら多くの先端技術は、個別に研究開発を進めるよりも、ICCの研究開発環境とメンバーシッププログラムを通じたネットワークを活用することで、より高度でさらに実用的な技術へと進めることが容易となります。

今後も、メンバーシップの皆さまからさらに多くの成果が生み出される事を楽しみにしております。

The research results introduced in this section include not only joint research with ICC but also many results developed in collaboration with other membership companies.

The membership program of ICC aims to make ICC a satellite lab for composite research so that its members can use it, but at the same time, it is also an opportunity for member companies to bring their own equipment and materials into ICC. For many of these advanced technologies, it is easier to proceed to more advanced and practical technologies by utilizing the network through the ICC R&D environment and membership program, rather than promoting individual R&D. We look forward to more results from our membership in the future.

(鷗澤 潔 / Kiyoshi Uzawa)