

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 Innovative Composite Materials Research and Development Center and of COI STREAM program

学校法人金沢工業大学が設置する「革新複合材料研究開発センター」(以下「ICC」という。)は、他大学等の研究機関及び異業種・異分野の企業等が広域・異分野融合することにより研究開発体制を構築し、日本のみならず世界が抱える課題解決を図る「国際イノベーション拠点」として設立され3年目を迎えた。「アンダーワンルーフ」のもと、他大学または企業の研究者が年間に延べ3,200名来所した。平成27年度に比べ約2倍の数の研究者がICCを利用し益々活発な研究開発活動が行われている。

COI STREAM事業においては、平成27(2015)年度で3年間の第一フェーズ期間を終了し、第1回目の中間評価において「A」評価を取得した。多くの素材開発や加工技術の開発が行われ、一部に試作品等の実現をみられるなど研究面での活動のほか、プラットフォームとしての拠点活動も高く評価された。

この評価は、オープンイノベーションの成果により開所から2年半で想定を超えた多くの参画企業・機関が集積し持ち込まれた技術の蓄積はICCのノウハウや研究開発の中核となり、複合材料分野における日本で唯一の大規模産学連携プラットフォームを実現できていることを示している。

また、平成28年度補正予算において「地域科学技術実証拠点整備事業」の採択を受け、革新複合材料の事業化へ向けた研究開発の加速を目標として、現在のICCに隣接したクローズドエリアとしてその実証拠点を拡張整備する事で、オープンステージからクローズドな実証ステージへのシームレスな開発環境の提供とシナジー効果による新たな出口戦略の創出を目指している。

Kanazawa Institute of Technology has set up the "Innovative Composite Materials Research and Development Center", hereinafter referred to as ICC. The ICC, currently in its third year, has established a research and development system as an international innovation base. This system supports different industries and different fields, as well as other universities and research institutes, for their interdisciplinary research in solving issues with which Japan and the world holds.

Through close cooperation "under one roof", a total of 3,200 researchers from other universities and companies have come to visit. Almost twice as many researchers than in the previous fiscal year have used ICC and have conducted active research and development activities.

In the COI STREAM program, Phase 1 was completed after three years in 2015 and was evaluated as the comprehensive rating "A" in the first interim evaluation. The research activities such as the development of various materials and processing technologies and the partial success in developing prototypes, as well as its activities as a platform, were highly valued.

With the success of the Open Innovation platform after two and a half years from its opening, this evaluation demonstrates that ICC serves as Japan's only large-scale platform run through industry-university cooperation for the composite materials industry. This was done beyond expectations by using the accumulated technologies from various participating companies and institutions, forming ICC's know-how and its core of research and development. Also, with the adoption of the "Regional Science and Technical Demonstration Center Development Project" in the supplementary budget for FY2016, ICC aims to accelerate research and development of innovative composite materials towards commercialization.

A closed area demonstration hub adjacent to the present ICC location will be established with the aim of providing a seamless development environment with open to closed demonstration stages, and synergistically creating a new exit strategy.

II 平成28(2016)年度の運営活動 Operating Activities for Fiscal Year 2016

1 ICC 運営に関する規程の改正

ICCの運営に関する規程は、平成27(2015)年度に必要なものが制定されている。しかし、ICC運営後3年が経過し、前年度までの運営を見直し「学校法人金沢工業大学革新複合材料研究開発センター規程」「革新複合材料研究開発センター利用規程」「学校法人金沢工業大学COI研究推進機構規程」について所要の改正を行った。

→ p28 資料 01

2 研究員の受入れ

学校法人金沢工業大学受入研究員規程に基づき、ICCが企業等に在籍する研究者等を受け入れ、ICC所属の研究員と受け入れた共同研究員が協力して研究開発を行っている。受け入れは、法人の人事委員会が履歴書や研究歴により審査し決定している。今年度は、新たに23人を受け入れ、合計62人となっている。

3 ICC 利用初期講習の実施・安全活動

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

ICCでは、全学の安全委員会が決定したことを遵守して研究活動を行うことを徹底し、特に4S活動、安全監査の受験、ヒヤリハット報告などについて徹底している。また、ICC独自の活動も行っており、ICC安全委員会を開催し年間安全活動計画を定め、ICC内外の安全パトロールの実施など研究者及び訪問者の身体の安全等に十分な配慮を行っている。

→ p28 資料 02

4 予算執行

ICCの予算執行は、物品の購入、事業の遂行、研究者等の出張など多岐に亘っているが、実際の予算執行は研究支援部を中心に行われている。なお、COI STREAM事業にかかるタイムリーな執行状況を確認できるよう、今年度「予算管理システム」を本格的に導入し、データの一元管理と省力化を図った。

5 特許等

参画企業・機関から発明等の届出があった場合は、COI研究推進機構運営委員会のもとに置かれている知的財産取扱専門委員会(知財委員会)が開催され、共同研究契約に基づ

1 Amendments to ICC management regulation

ICC management regulation was established for ICC' s needs in the FY 2015. After three years from launching, previous operations have been reviewed and some amendments were made in "Regulations regarding Kanazawa Institute of Technology Innovative Composite Materials Research and Development Center", "Usage policy of the Innovative Composite Materials Research and Development Center" and "Regulations regarding Kanazawa Institute of Technology the Organization for Advancement of COI Resarch."

2 Acceptance of researchers

Based on the Kanazawa Institute of Technology's fellowship regulations, ICC accepts researchers enrolled in companies who conduct joint research with ICC researchers. They are chosen by their resume or research experience by a corporate personnel committee. 23 people were newly accepted for FY 2016, totaling 62 researchers.

3 Practice of ICC user's initial training and safety activities

As in ICC's original act, the ICC safety committee has set up an annual safety activity plan and has carried out a safety patrol within and outside of ICC to pay adequate attention to researcher' s and visitor's physical safety.

4 Budget execution

The "budget management system" was officially introduced in FY2016 to ensure timely budget management for the COI STREAM program. Its implementation achieved a unified management of data and labor savings.



1F 大型フロア

きその取扱いが協議されている。また、今年度も特許に関する調査が行われ、5つの技術テーマに絞り日本特許、ヨーロッパ、ドイツ特許及び非特許文献(日本語、英語)について調査し研究の促進のため提供した。なお、前年度に引き続き知財プロデューサーの受け入れも行っている。

→ p28 資料 03

6 広報・アウトリーチ活動

ICCの今年度広報活動は、ICC自身のウェブサイトにも主要設備等の説明ビデオのアップや、資料をダウンロードできるよう充実すると共に、主要事業であるCOI STREAM事業に係るサイトを開設した。

ICCが取り組む炭素繊維複合材料の研究開発について、積極的な外部発信活動(アウトリーチ)並びに情報収集活動を行い、ドイツハノーファーにおいてCFK-ValleyとCOI参画企業4社が出展した。また岐阜県においてコンポジットハイウェイコンベンション2016を共催で開催しICC活動報告の発表と成果に係る展示活動を行った。

→ p29 資料 04

7 外部資金の獲得

前年度、三井物産株式会社からの貸与契約により導入したRTM(resin transfer molding)成形設備を用いた複数の共同研究がスタートした。また、前年同様中堅中小企業との「橋渡し研究機関」の認可も経済産業省から受けたことから1社と連携を図ることができた。なお、企業等との共同研究も前年度より多く、積極的に実施された。なお、これら共同研究による一部成果もCOI STREAM事業に活かしながら進めている。

8 メンバーシッププログラム

ICCへの研究者派遣と、金沢工業大学が有する炭素繊維複合材料に関する知見等の利便を共有するため実施しているメンバーシッププログラム会員として、平成28(2016)年度は大幅に増え34機関が参画した。ICCの研究活動を紹介するとともに同会員企業の研究者人材育成に資するため「メンバーズフォーラム」を今年度から毎月開催している。

9 利用者・見学者など

ICCの利用者数は、研究のための入所者(ICC専属職員は除く。)は平成28(2016)年度3,285名となり前年度の2倍以上になり、月別に見ても順次増加傾向にある。また、見学者も延べ1,275名を超えており、新たな産学協同の仕組みや地方創生、新産業の創設の外、ICCの研究開発内容にも関心が見受けられる。ICCでは、ICCの利用や見学に関し、一定のマニュアルを定めて対応している。

→ p30 資料 05

5 Patents, etc.

In FY 2016, a patent search was again carried out specifically on five technology themes, providing information about Japanese Patents, European Patents, and German Patents, as well as non-patent literature.

6 Public relations and outreach activities

Intensive external outreach and information collecting activities regarding R&D of carbon fiber composite materials were conducted. Four companies from COI participating companies exhibited in a joint booth at CFK Valley in Hanover, Germany. Composite Highway Convention 2016 was co-hosted in Gifu prefecture and presented ICC's activities and achievements.

7 Acquisition of external funding

ICC was approved as a base for bridging research institutions by the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) as in the previous fiscal year, and worked together with other companies. In addition, a lot more joint research between companies was actively conducted compared with the previous fiscal year.

8 Membership program

The number of participants in a membership program which dispatches researchers to ICC to share the convenience of knowledge concerning carbon fiber composite materials held by Kanazawa Institute of Technology has greatly increased. Thirty-four institutions have newly joined in FY2016. A "Membership Forum" is held every month, starting from this fiscal year, to nurture the human resources of its member companies and to introduce the research activities of ICC.



メンバーズフォーラム見学会

9 Users and visitors

User attendance for research at ICC (ICC dedicated staff excluded) was 3,285 people in FY2016, more than twice than the previous fiscal year, and has been increasing every month. Also, there have been more than 1,275 visitors and great attention has been paid to the industry-academia collaboration, creation of local and new industries, as well as the details of the research and development of ICC.

10 入所者の区分明示

ICC内における安全保持、企業等の秘密保持などにも十分な配慮が必要であり、入所者の出处進退、区分明示などを前年度から開始し平成28(2016)年度は研究目的とした入所者数が2倍を超えるなど非常に多くなったため所員、外部入所者、学生、その他など「見える化」により一見して解るように分類した。主な変更点は、入所者が確認できるディスプレイ装置、帽子的色、ピプス着用などである。

→ p30 資料 06

11 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輸出入及び技術提供取引が管理されている。炭素繊維複合材料について安全保障貿易管理に関する知識の向上を図るため、大学、教育機関向けの外部セミナー「輸出管理DAY FOR ACADEMIA」を複数の事務職員が受講した。

12 地域科学技術実証拠点整備事業

大学や自治体を対象とした文部科学省の「地域科学技術実証拠点整備事業」(28年度補正、予算総額150億円)に本学と石川県が共同提案したICCの拡張整備事業が採択された。(竣工平成29年3月予定、設備3億円、施設4億円規模)
拠点名:「複合材料の高速・連続製造プロセス開発による革新実証開発拠点」として本事業にてプロジェクト毎の実証環境・設備を整備することにより、基礎研究から製品開発まで一貫した開発環境を提供し、事業化を加速し産業集積による地方創生を実現することを目的とする。

13 COI 研究推進機構の運営

ICCでは、学校法人金沢工業大学が中枢機関であるCOI研究推進機構の運営を引き続き行った。当機構が、「革新材料による次世代インフラシステムの構築～安全・安心で地球と共存できる数世紀社会の実現～」をビジョンとして推進した重要な事項は次の通りである。



COI 研究報告

10 Specifying resident classification

In order to maintain safety and confidentiality within the ICC facility, a display system was introduced the previous year to check who is on duty. In FY2016, the number of ICC attendants for research has doubled and clear visual classification was provided such as ICC staff, external attendants, and students. The main changes are the display system, cap colors, and the wearing of bibs.

11 Security Export Trade Control

At ICC, export and import technology offer transactions are strictly managed in accordance with the Foreign Exchange and Foreign Trade Law. Multiple ICC staffs received an external seminar for universities and educational institutions called "Export Control Day for Academia" to enhance knowledge on security trade management for carbon fiber composite materials.

12 Regional Science and Technical Demonstration Center Development Project

ICC's extended development project jointly proposed by KIT and Ishikawa Prefecture (Completion scheduled for: March of 2017, Equipment cost: 300 million yen, Facilities: 400 million yen) was adopted as "Regional Science and Technical Demonstration Center Development Project" targeting universities and local governments (supplementary budget for FY 2016 includes a total of 15 billion yen) by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. Center Name: "Innovative Demonstration Development Center through High-Speed, Continuous Manufacturing Process of Composite Material Development" This project aims to provide a consistent developing environment from basic research to product development by creating demonstration environments and facilities for each project, and to realize local economic revitalization with the creation of industrial centers by accelerating commercialization.

13 Management of the Organization for Advancement of COI Research

ICC continuously carried out the management of the Organization for Advancement of COI Research based at Kanazawa Institute of Technology. The organization promotes research and development under the theme of "Construction of next-generation infrastructure and systems using innovative materials - Realization of a safe and secure society that can coexist with the Earth for centuries". The following actions were mainly made:

1 平成25(2013)年度から27(2015)年度までの3年間に
およぶフェーズ1終了に伴う第1回中間評価が平成28
(2016)年度に国立研究開発法人 科学技術振興機構におい
て行われ、ICCを中核拠点とするCOI事業は、平成28年9月
に総合評価「A」と評価された。この件で推進体制について、
「協創的な研究推進体制、幅広い参画企業との連携体制、及
び外部専門家による研究諮問体制などの着実な構築・推進
努力」が評価された。

2 平成28(2016)年度から平成30(2018)年度までの第2
フェーズのスタートに際して研究テーマを再編成し、大型平
板や長尺構造材などの共通部材成形技術の開発、材料技術
と評価技術を含む基盤技術開発の2分野体制とした。さらに
具体的な実装が見えてきたテーマの適用を加速するため各
研究グループの機能を横断的に束ねる製品テーマ毎のタス
クチームを立ち上げた。

3 COI事業に参画している企業の追加(3社)・削除(1社)が
あり、参画機関の合計28機関による共同研究変更契約の締
結に全機関が合意した。

1 The first interior evaluation accompanying the
completion of Phase 1 over the three years from FY2013
to FY2015 was held at the Japan Science and Technology
Agency (JST), and also ICC as a core base of the COI
program was evaluated as a comprehensive rating "A" in
September 2016.

The promotion framework 's consistent building and
promotion efforts were evaluated as "a cooperative
research promotion framework, a collaborative framework
with a wide range of participating companies, and a
research advisory framework by external experts, etc."

2 At the start of Phase 2 for the next 3 years from FY
2016 to FY 2018, research themes were reorganized
and developed into two major fields of common member
molding technologies such as large flat plate or long
structural material, and basic technology development
including material technology and evaluation technology.
In order to further accelerate the application of a theme
that shows more concrete implementation, a task team was
launched for each product theme that bundles the functions
across the research groups.

3 Three companies were added while one company
was excluded from the COI members and a total of 28
participating institutions have agreed to conclude an
amendment on the joint research agreement.

III ICCにおける産学官の連携活動 Collaborative activities of industry, academia and the government in ICC

1 いしかわ炭素繊維クラスター

金沢工業大学は、金沢大学、石川県工業試験場、石川県産
業創出支援機構との連携により、文部科学省の地域イノベ
ーション戦略支援プログラムの採択を受け、平成24年度より5
年間の「いしかわ炭素繊維クラスター」事業を実施してきた。
本プログラムでは研究者、コーディネーターを域外から招聘
することで、石川県内企業による炭素繊維複合材料の研究開
発、事業化の支援や、人材育成による技術力の底上げを図
り、5年間の活動で本地域の複合材料の研究開発の基盤を構
築することに大きく貢献してきた。これらの活動により県内中
小企業のサポイン等の研究資金の獲得によるプロジェクト組
成やビジネスマッチング等に加え、平成24年度の拠点整備事
業の採択によるICCの設立や、平成25年度のCOIプログラムの
採択につながったものであり、大きな成果を上げることが
できた。

平成28年度は事業最終年であり、5年間の事業成果をまと
めた成果報告会を1月に実施し、本事業終了後も引き続き
ICCを中心として県内企業の研究開発・事業化の支援、人材
育成等の活動を継続し、本地域を炭素繊維複合材料の一大
生産拠点としていく今後の活動についても報告を行った。

1 Ishikawa Carbon Fiber Cluster

Kanazawa Institute of Technology was adopted as the
"Regional Innovation Strategy Support Program" by
the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and
Technology (MEXT) through cooperation with Kanazawa
University, the Industrial Research Institute of Ishikawa,
and Ishikawa Sunrise Industries Creation Organization, and
has been implementing the Ishikawa Carbon Fiber Cluster
project for five years since FY 2012.

In this program, we aim to raise the technical capabilities
of conducting research and development of carbon fiber
composite materials, commercialization support, and
human resource development for companies located in
Ishikawa by inviting researchers and coordinators from
outside the region.

These activities have led to the establishment of ICC which
has made some great achievements. This was made
possible through the adoption of the base development
project in FY2012 and of the COI program in FY2013,
in addition to project organization and the giving of
business-matching opportunities by acquiring research
funding such as the Supporting Industry Program for small
and medium-sized companies within Ishikawa.

The progress and results of the activities for the previous
five years were reported in a meeting in January, 2016
at the final fiscal year of the program, and described
the continuation of our activities such as research and
development, commercialization support and training of
human resources, and also on future activities for emerging
the region into a major production base of carbon fiber
composite materials.

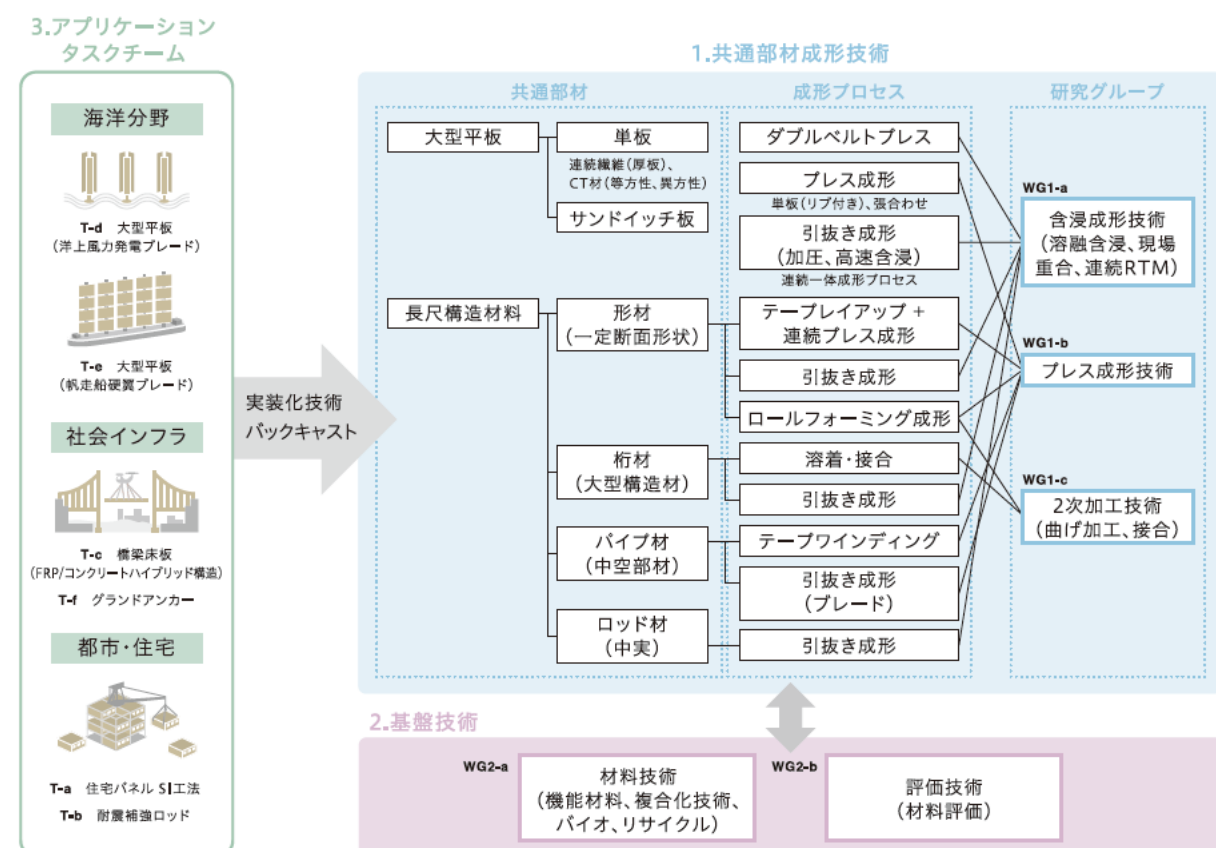
2 東海北陸コンポジットハイウェイ

金沢工業大学ICCは名古屋大学NCC、岐阜大学GCC、東
海北陸地域の公設試験研究機関とともに平成26年11月にコ
ンポジットハイウェイコンソーシアムを形成し、当該地域自治
体や中部経済産業局の支援を得ながら、国内サプライチェー
ンの構築によるCFRPに関する研究開発から生産・加工・組
立までを行う複合材料の一大拠点・産業集積を形成するた
めの活動を行っている。

平成28年度は、研究開発に取り組む企業のレベルアップ、ブ
レーヤーの拡大、CFRPの出口創出を見据えた先導的プロジ



いしかわ炭素繊維クラスターの成果発表会（1月）



フェーズ2の研究体制

エクト等、様々な取組みを実施した。9月にはICCを会場に「CFRPの事業化事例に関する講演及び先進成形技術見学会」を実施し、CFRP製船用プロペラを商用化した企業による事業化事例講演とICCの先進成形技術及び各装置のデモンストレーションを行った。また、10月には岐阜市において「コンポジットハイウェイ・コンベンション2016」を開催し、複合材に関わる川下ユーザー、中堅・中小企業、大学、公設試など約400名が一堂に介して技術的交流やビジネスマッチングを実施した。さらに出口創出を見据えた「プロジェクトテーマ研究会」として、来年度のサポイン等への出願を目指した開発テーマを募集し、3回の研究会を開催するなど、具体的な事業化に向かう活動を重点的に実施した。

3 JETRO RIT 事業

ICCでは、これまでに支援してきた国内企業の海外ビジネス展開をさらに進展させるため、日本貿易振興機構（ジェトロ）のRIT (Regional Industry Tie-up: 地域間交流支援) 事業の事前調査事業に申請を行い、平成28年度の対象事業として採択を受けた。

RIT事業は優れた製品や技術を持ち海外ビジネスに関心はあるものの、ノウハウ、ネットワーク不足で企業単独では取り組むことができなかった中小企業の海外展開を、グループ単位で海外地域とのビジネス交流を進めることで、輸出や技術提携、共同製品開発等が行われ、ひいては地域産業活性化に資することを目的とする事業である。

本年度の事前調査事業では、これまでも交流のあるドイツ北部ニーダーザクセン州のCFK-Valleyを地域間交流の対象として調査、協議を行い、相互に交流を推進していくことに合意することが出来た。

CFK-Valleyは航空機メーカーであるエアバス社を中心に、複合材料に関する川上から川下にいたる企業・団体が集積し100社以上の企業が参画しており、来年度の本体事業ではCFK-Valley傘下の企業との具体的なビジネスマッチングを計画している。

commercialized CFRP marine propellers and ICC's advanced molding technology, and demonstrations of each machine were given. In October, "Composite Highway Convention 2016" was held in Gifu City for which about 400 people, including downstream users, small and medium-sized companies, universities and public research and testing institutes related to composite materials, gathered for technical exchange and business-matching opportunities. Furthermore, as a Project Theme Study Group looking towards a successful exit strategy, three study groups were held and entries for development themes aiming for filing for next year's Supporting Industry Program were accepted by focusing on activities for concrete commercialization.

3 JETRO RIT Program

In order to further advance overseas business development of domestic companies that we have supported so far, ICC applied for a preliminary survey project of the RIT (Regional Industry Tie-up) program of the Japan External Trade Organization (JETRO) and was adopted as a target project in FY2016.

The RIT program helps small and medium-sized companies interested in overseas business with their excellent products and technologies but who cannot be managed by themselves because of shortages of know-how and business networking, by promoting business exchanges with overseas regions on a group-by-group basis. It also helps to boost the revitalization of regional industries by exportation, technical alliances, joint product development, etc.

So far in this fiscal year's preliminary survey project, ICC has investigated CFK-Valley from Lower Saxony State, northern Germany, who has been contacted as a regional interaction partner, and both sides have agreed to promote mutual exchange.

More than 100 companies and organizations related to composite materials from upstream to downstream are organized in CFK-Valley with Airbus, an aircraft manufacturer, as its center.

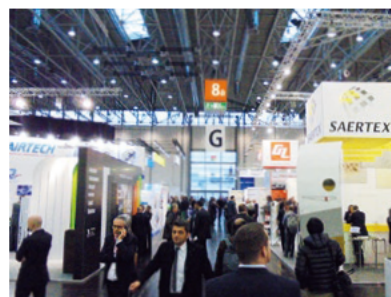
In the next fiscal year's main activities, specific business matching between companies under the umbrella of CFK-Valley is planned.



ICC で実施した講演及び先進成形技術見学会



コンポジットハイウェイコンベンション 2016（岐阜市）



ドイツで開催された Composite EU での RIT 事前調査

IV 平成 28 (2016) 年度の研究活動 Research activities for Fiscal Year 2016

- 14 関戸 俊英 技監／教授：Toshihide Sekido Senior Advisory Engineer / Professor
革新的イノベーション創出プログラム（COI）金工大拠点事業について
For the Center of Innovation (COI) Kanazawa Institute of Technology based project
- 16 斉藤 義弘 産学連携コーディネーター：Yoshihiro Saito Coordinator of Industry-University Collaboration
ICC の RTM 成形技術関連プロジェクトについて
About RTM molding technology project of the ICC
- 17 西田 裕文 研究員：Hirofumi Nishida Researcher
樹脂の研究開発と成形技術への適用研究の取り組み
Action of R&D of the resin and the application study to a molding technology
- 18 石田・北田 研究員：Ishida, Kitada Researcher
熱可塑性樹脂複合材料シートの研究開発
Development of thermoplastic resin composite sheet
- 20 白井・布谷 研究員：Shirai, Nunotani Researcher
熱可塑性樹脂複合材料の成形技術研究
Study on forming technology of thermoplastic resin composite material
- 22 植村・坂本 研究員：Uemura, Sakamoto Researcher
熱可塑性樹脂複合材料の接合技術研究
Research on bonding technology of the thermoplastic resin composite material
- 24 金崎・附木 研究員：Kanesaki, Tsukegi Researcher
複合材料研究
Composite materials research
- 26 平成 28 (2016) 年度 成果：Achievement in FY2016



関戸 俊英

Toshihide Sekido

文科省／JSTのCOIプログラムにおける「革新材料による次世代インフラシステムの構築」の研究テーマは、金沢工業大学・ICCを産学官連携の研究開発拠点として推進している。インフラシステムとしては「海洋インフラ」、「社会インフラ」、「都市・住宅インフラ」を想定しており、いずれも炭素繊維複合材料の超大型構造体の開発が課題である。

本研究の主要テーマである「革新製造技術の開発」のテーマ概要及び昨年度までの進捗状況を以下の通りまとめた。

革新製造技術には「樹脂含浸成形技術」、「プレス成形加工技術」があり、更には大型構造体の実用化に必要な「二次加工技術」が必要となる。いずれも産学官連携で推進している。

1. 樹脂含浸成形技術

(1) ダブルベルトによる連続製造プロセス(中間材・長尺平板)
強化繊維基材と熱可塑性樹脂フィルムとの積層体を上下のスチール製ダブルベルトで挟んで移送し、加熱ゾーンで樹脂を溶融しながら加圧含浸し、冷却ゾーンで固化する連続樹脂含浸するプロセス。連続、不連続繊維基材への均一、高速含浸が必要。28年度は、樹脂含浸のメカニズムの解明と、含浸シミュレーション技術を構築した。

(2) 大型平板の成形技術(単板、サンドイッチ材)
寸法が2、3m角からなる(主に)サンドイッチFRP構造体を安価な設備で高効率に量産するプロセス。コア材が潰れない低圧成形や多数のリブ材への高速含浸が必要。28年度はプロセス開発装置の製作を完了し、今後の試作検討準備を整えた。(図1)

(3) 各種部材の現場重合引抜成形技術
熱可塑性樹脂を(低粘度な)モノマーの段階で注入含浸し、型内で加熱重合させながら引抜成形を行う。平板や桁材だけでなくパイプ等の中空体の成形技術も開発する。
現在中空パイプの試作検討を行っており、原理的には可能であることを確認した。

(4) ロッド材の引抜成形技術
上項と同様のプロセスで熱可塑性樹脂含浸FRPロッド材の連続成形技術である。ロッド材は強化繊維が撚り構造なため、安定した樹脂含浸とボイドレスがポイント。28年度はボイドレス・モデル試験を実施しており、量産プロセスへの反映を検討中。

2. プレス成形加工技術

(1) 連続成形プロセス(長尺桁材; C型、ハット型他)

a. ロールフォーミング成形加工
強化繊維積層材に予め熱可塑性樹脂が含浸成形された中間材を、加熱工程で樹脂を溶融させて加熱ローラー群で所定の形状に加圧賦形した直後に冷却ローラー群で固化させる連続FRP加工プロセスである。現在、加工品の力学特性向上の

JSTのCOIプログラムにおける「革新材料による次世代インフラシステムの構築」

Construction of next-generation infrastructure using innovative materials in the COI program

Innovative manufacturing technologies including "resin impregnation molding technology", "press molding processing technology", and likewise "secondary processing technology" is required for practical use of large structures. All of these technologies have been promoted through the collaboration of industry, government and academia.

1. Resin impregnation molding technology

(1) Continuous manufacturing process by a double belt (intermediate material / long flat plate)

A process of sandwiching a stack of a reinforcing fiber material and a thermoplastic resin film between upper and lower steel double belts, impregnating a resin under pressure while melting it in a heating zone, and solidifying in a cooling zone. Uniform, high speed impregnation into a continuous/discontinuous fiber material is necessary.

In FY 2016, we clarified the mechanism of resin impregnation and constructed impregnation simulation technology.

(2) Molding technology for large flat plates (monolithic plate, sandwich plate)

A process of efficiently mass producing sandwiched FRP structures, mainly with dimensions of 2-3m², using inexpensive equipment.

It is important to use low pressure molding so that the core material does not collapse, and to have high speed impregnation into many material ribs.

In FY 2016, a process development unit for the prototype was completed and prepared for future review (Figure 1).

(3) In-situ polymerization and pultrusion molding technology for various materials

To perform pultrusion molding, a low viscosity monomer thermoplastic resin is injected and impregnated and provided heat for polymerization into the mold.

Molding technology for hollow bodies such as pipes as well as flat plate and beam will be developed.

A trial piece of hollow pipes is currently being studied and has confirmed its possibility in principle.

(4) Pultruding technology for rod materials

In a process similar as described above, it is a continuous molding technology for thermoplastic resin-impregnated FRP rod materials.

Since the rod material has a twisted reinforced fiber structure, to obtain a stable resin impregnation and a voidless product is required.

In FY 2016, a voidless model-based test was studied and the effect on the mass production process is being further reviewed.

2. Press molding technology

(1) Continuous molding process (long span beams; C-shaped, hat-shape etc.)

ポイントである冷却固化工程の改善を図っている。

b. テープレイアップ／連続プレス成形加工(図2)
多軸ブリブレグを自動積層装置でレイアップした後、賦形型にて間欠プレス加工(加熱／加圧／冷却)して連続的に製品形状に加工するプロセス及び装置の開発である。
26年度はCFRTPテープによる自動レイアップ装置を開発し事業化を図っている。

(2) スタンピング成形プロセス(立体成形、複雑形状)

熱可塑性FRP平板を様々な三次元製品形状に成形加工するために、金型情報(圧力、変位)を基にしたアクティブ制御によるサーボプレス成形手法の基礎検討である。更に連続繊維と接触する不連続強化繊維のプレスフロー成形(リブ形成)も検討。サーボプレス機による加圧保持が困難なことから、今後は油圧プレス方法も検討する。

3. 二次加工技術

(1) 接合技術

熱可塑性CFRP(CFRTP)同士の接合に注力している。ポイントは接合面を効率よく熱融着すること。接合面の溶着方法として、主に①超音波溶着法、②電磁誘導溶着法、③レーザ加熱溶着法、④プラズマ処理法などを検討している。接着力に影響する因子(加熱温度、加圧力、タイミング等)の解析と最適化の検討を行っている。また、CFRTPと異種材(特に金属)との接合検討も開始した結果、超音波溶着法と電磁誘導溶着法では溶着メカニズムと効果はかなり異なることが判明した。金属表面へのプラズマ処理はCFRTPとの化学結合の可能性を確認した。

(2) 現場施工曲げ加工技術

円弧と直線形状から成る開断面のFRTPの簡易的二次加工法や長尺材の連続的加工法の開発に繋げるために、局部加熱手法による曲げ加工の基礎研究である。自由曲げ加工や拘束曲げ加工などの基礎検討を行っており、加工部位に生じる強化繊維の皺の程度や有効範囲などを詰めている。

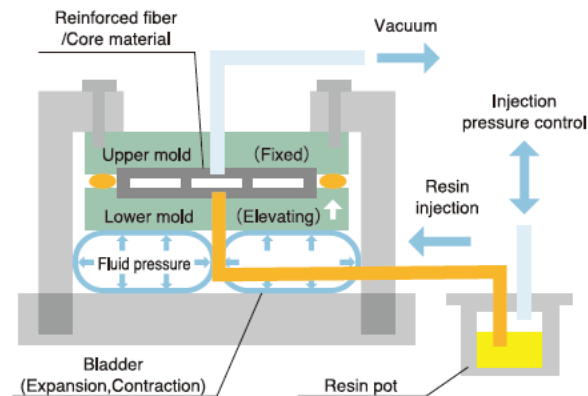


Figure 1. Innovative large flat panel molding device

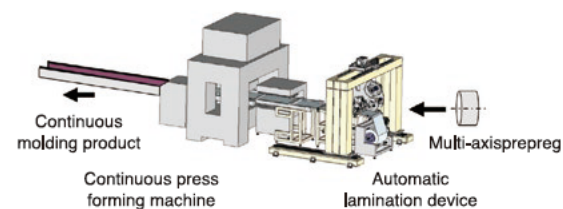


Figure 2. Continuous press forming and processing machine

a. Roll forming process

A continuous FRP processing method wherein an intermediate material in which a thermoplastic resin is pre-impregnated and molded in a reinforced fiber laminate material is heated to melt resin and, compressed and shaped into a predetermined shape by heating rollers and immediately solidified with cooling rollers.

Currently, improvements in the cooling and solidification process are being studied in order to improve the mechanical properties of the product.

b. Tape layup / continuous press molding process (Figure 2)

A process and equipment development which continuously processes the material into a product shape. Multiaxial prepreg is layed up by an automatic lamination device, and formed with an intermittent press (heating / pressurizing / cooling) using a forming mold.

In FY2014 we developed an automated layup device using CFRTP tapes for industrial use.

(2) Stamping molding process (three-dimensional molding, complicated shape)

In order to mold thermoplastic FRP flat plates into various three-dimensional product shapes, a basic approach involving a servo press forming method using an active control based on mold information (pressure, displacement) was studied.

Also, press-flow forming (rib formation) of discontinuous reinforcing fibers in contact with continuous fibers was investigated. A hydraulic press method will be studied in the future since pressure control is difficult by using a servo press machine.

3. Secondary processing technology

(1) Joining technology

We are now focusing on joining of thermoplastic CFRP (CFRTP) and the key to this is to thermally weld the joint surface efficiently. The methods considered for welding the joint surfaces were: (1) ultrasonic welding method, (2) induction welding method, (3) laser heating welding method, and (4) plasma treatment method.

Analysis of some factors like heating temperature, pressurizing force, timing, and etc, and their influence on the adhesive strength and its optimization is studied.

As a result of starting the study on bonding between CFRTP and different materials (especially metals), it was found that the welding mechanism and the effect are quite different for both the ultrasonic welding method and electromagnetic induction welding method.

Plasma treatment on the metal surface showed a possibility of chemical bonding with CFRTP.

(2) On-site warp processing technology

This is basic research on bending process by local heating method in order to develop a simple secondary processing method of FRTP having an open cross section consisting of a circular arc and a linear shape, and also a continuous processing method for long materials.

The basic study of both a free and restricted bending process is reviewed and the degree and the effective range of wrinkle of the reinforcing fiber generated at the processing region are closely studied.



斉藤 義弘

Yoshihiro Saito

RTM (Resin Transfer Molding) はエポキシ樹脂等の低粘度の液状樹脂を高圧で混合し、金型内に注入することで繊維基材に含浸させる成形方法であり、現在欧州では自動車部材の成形技術として実用化が進んでいる。ICCではRTMに関する成形技術の研究開発を本年度より本格的に開始した。

自動車部材へ複合材料の適用については、これまで熱硬化性ブリブリによるオートクレープ成形が用いられレーシングカーや高級車等に適用されてきたが、成形時間が長く(数時間)生産性が低いことが課題であり、年間数万台を生産する量産車に対しては、1分以下での成形を可能にすることが技術課題となっている。

この課題に対し、自動車分野への実用化で先行する欧州では、熱硬化性のエポキシ樹脂を用いて数分以内の成形を可能とするHP-RTMの技術が実用化され、2014年(平成26年)にはBMW社からオールコンボジットの電気自動車i3が発売されている。これを契機に欧州ではRTM成形技術の開発が加速している状況である。

こうした状況の中、ICCではこれまでに研究の柱として取組んできた熱可塑性CFRTPの開発に加え、RTM技術についても重点テーマとして平成28年度より取組みをスタートした。具体的な取組みとしては、三井物産株式会社と複合材料の開発に関する協力協定を締結し、欧州で自動車部材の成形に最も実績のあるKraussMaffei社のHP-RTM装置(600ton)、及びKUKA社製多軸ロボット2台を三井物産からの貸与によりICCに設置し運用を開始した。平成28年7月には国内の自動車メーカーや部品メーカー等20社の参加によるRTMワークショップを開催し技術普及を図った他、本年度は自動車関連企業や材料メーカーとの個別の共同研究契約を4件、また環境省のNCV(ナノセルロースビークル)プロジェクトへの参画等、多数の研究開発を実施した。

RTMの技術的な課題としては、樹脂注入前のプリフォームの高度化(賦形性、機械特性、材料歩留まり)、型締め力の低減(低圧成形)、ネット成形技術(後加工レス)、シミュレーション技術等があり、平成29年度も引き続き企業との共同による開発を推進していく予定である。

H28年度RTMプロジェクト実績

- 個別企業との共同研究契約4件
(自動車部品メーカー、材料メーカー、他)
- 環境省NCV(ナノセルロースビークル)プロジェクト
: 京都大学、金沢工大、トヨタテクノクラフト他
- サポイン(経済産業省)「炭素繊維ドライファイバークラフトテープによる革新的RTM成形技術の開発(H27~29年)」
: 株式会社テックワン、金沢工大他

RTM成形技術に関するICCの取組み

ICC's research activities regarding RTM molding technology

In parallel with the development of a thermoplastic CFRTP with the future in mind, ICC started research and development on resin transfer molding (RTM) technology as a priority theme starting FY2016 in order to broaden the base of the entire composite material field, to popularize the technology in the domestic market, and to overcome the problems of the current RTM molding technology.

As part of a concrete effort, ICC concluded a cooperation agreement with Mitsui & Co., Ltd. on the development of composite materials, was lent HP-RTM equipment (600 tons) by Krauss Maffei Company which has been the most successful in molding European automotive parts, as well as KUKA-made two-axis robots, and further research and development was initiated.

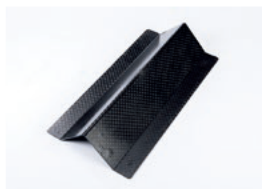
In July, 2008, we held a RTM workshop and 20 OEM and Tier1 suppliers for domestic automobile manufacturing participated. So far, ICC has concluded four individual collaborative research agreements with automobile related industries and material manufacturers, and has carried out numerous research and development projects including participation in the NCV (Nanocellulose Vehicle) project with the Ministry of the Environment.



HP-RTM 装置



HP-RTM 成形品 ①



HP-RTM 成形品 ②



西田 裕文

Hirofumi Nishida

現場重合型熱可塑エポキシ樹脂の開発と様々な成形技術への適用研究

Development of thermoplastic epoxy resin and research for applying the resin to various molding techniques

FRPの開発研究において、素材自身の特性向上に加えて、量産プロセスに適合するための材料諸特性(レオロジー特性、硬化速度、ポットライフなど)を改良する技術が必要で、そのためには化学的アプローチは極めて重要である。ICCではFRPの性能向上や製造プロセスへの適合性の観点からのバックキャストにより、マトリクス用モノマーの分子設計も視野に入れた樹脂開発を行っている。

ICCが研究開発している熱可塑エポキシ樹脂は、直鎖状高分子へと重合するよう硬化機構を制御した樹脂であり、エポキシ樹脂が有している高い接着性や機械的特性に加え、硬化後高い靱性やエネルギー吸収特性、リサイクル性、再加工性、スタンピング成形への適用可能性を有する素材である。更に、この樹脂は「現場重合型」の熱可塑性樹脂であり、液状含浸を必要とするVaRTMや引抜き成形工程にも適用可能であるし、シート状接着剤や、熱可塑エポキシ樹脂が含浸した成形用のチップ、薄層ランダム・スタンパブルシートとしての利用が可能である。さらに、二次賦形の例として、ロールフォーミングや、超音波融着装置などを用いた部品の融着接合も研究されている。

ICCではこれらの製造プロセスについて、プロセス面からの工夫のみならず材料面からの改良によっても、課題解決に取り組んでいる。

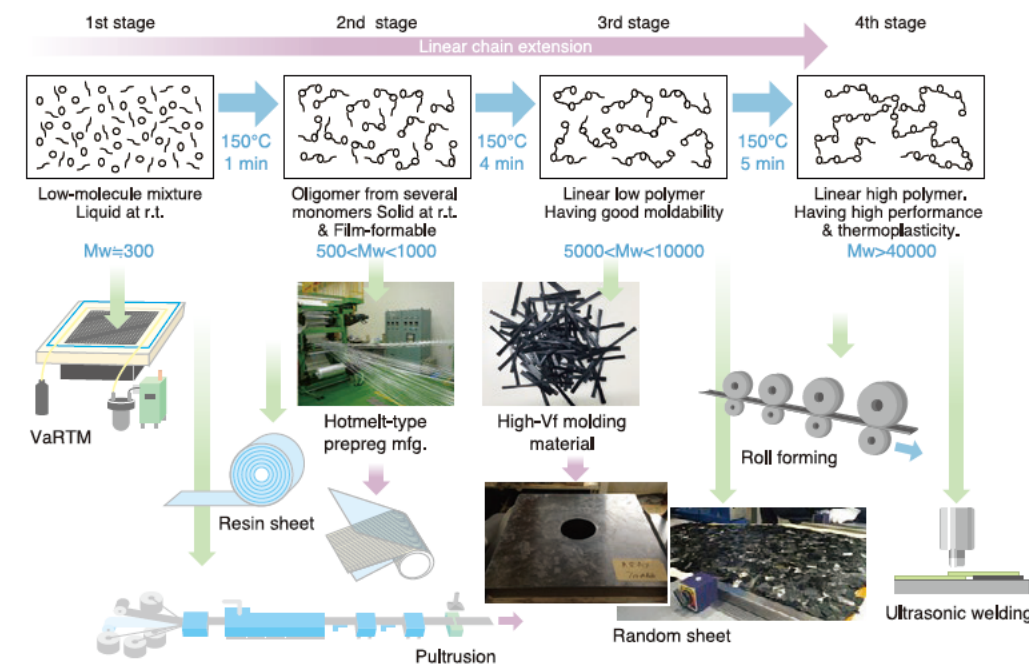


Figure 1. Molding methods applicable to each polymerization stage of Thermoplastic Epoxy Resin



石田 応輔

Ousuke Ishida

COIプロジェクトにおける熱可塑性樹脂炭素繊維複合材料(CF RTP)シートの開発

Development of carbon fiber reinforced thermoplastic composite sheet in COI project

炭素繊維複合材料の成形技術の研究を実施している。COI事業では連続的に長尺の熱可塑性炭素繊維複合材料(CF RTP)シートを成形できるダブルベルトプレス(DBP)装置を用いた開発を行っている。研究の課題は粘度の高い溶融した熱可塑性樹脂を炭素繊維基材に染み込ませる含浸技術であり、含浸メカニズムの解明とプロセスの最適化・高速化をサンドビック(株)、石川県工業試験場と共同研究している。平成28年度は基材の改質及びプロセス最適化によりベルト速度0.5m/分で炭素繊維織物/PA6の3mm厚シートを連続成形し、成形品の曲げ強度650~700MPaを達成した。また、本年度は高速昇温装置を導入して成形の高速化にも取り組んでいる。一方、不連続な炭素繊維を用いた高い賦形性と力学特性を有するランダムシートの成形技術開発をサンコロナ小田(株)と共同研究しており、平成28年度は等方性品質を満たしたシートの連続成形を達成した。

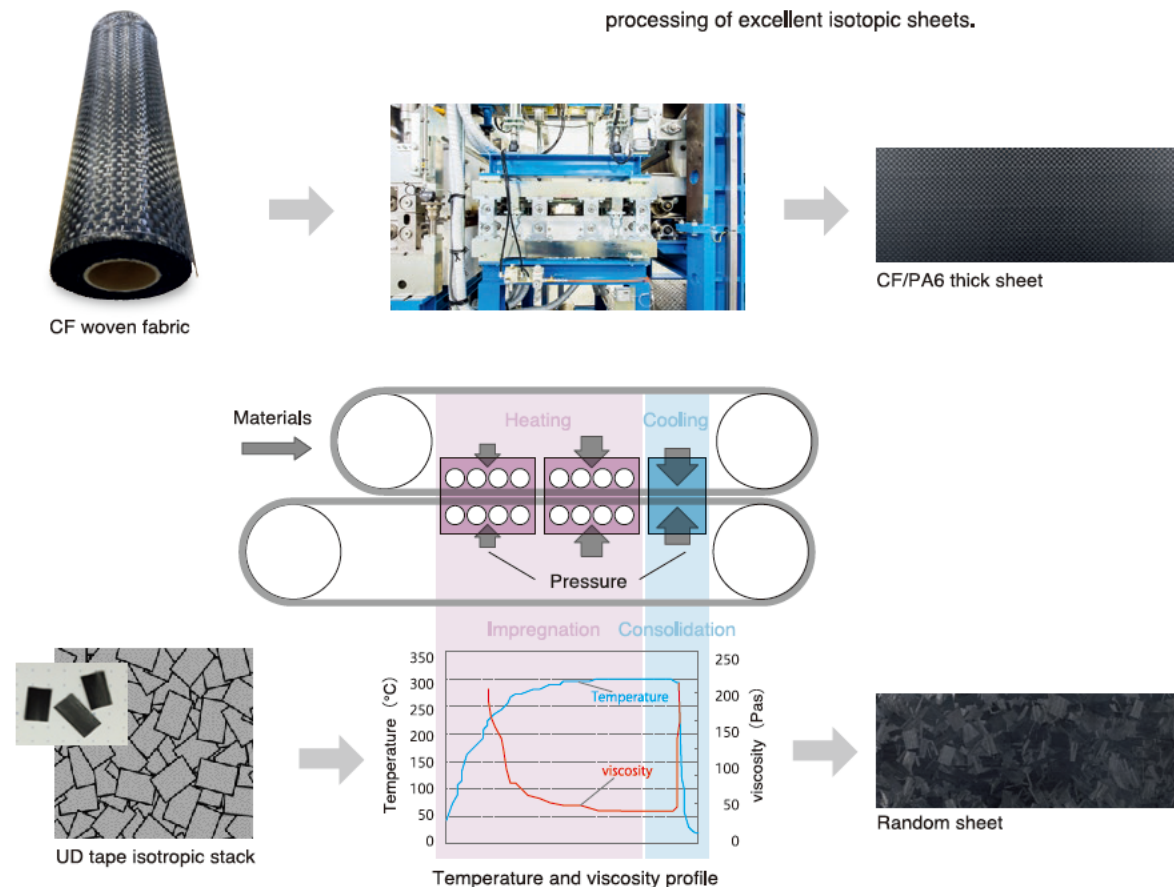
We are currently implementing research on production technologies for carbon fiber composite material. Through COI activities, development of continuous long-CF RTP sheet molding was performed using a double belt press machine (DBP).

Our challenge is to permeate the high-viscosity melting thermoplastic resin on the carbon fiber material and investigate the impregnation mechanism, optimization, and high rate process with the cooperation of Sandvik K.K. and the Industrial Research Institute of Ishikawa.

In 2016, by optimizing the process and improving the base material, we achieved the production of 3mm thick carbon fiber composite sheets (PA6), with a flexural strength of 650-700MPa at a belt press speed of 0.5m/min.

We also introduced a high-speed heating device to realize faster molding.

Separately, a random sheet production technique which holds both high formability and mechanical properties using discontinuous carbon fiber was studied with SUNCORONA ODA Co., Ltd. and led to the development of continuous processing of excellent isotropic sheets.



北田 純一

Junichi Kitada

ダブルベルトプレスによる熱可塑性樹脂炭素繊維複合材料(CF RTP)シートの連続生産技術の開発

Development of continuous production technology of Carbon Fiber Reinforced ThermoPlastic sheet by Double Belt Press

熱可塑性炭素繊維複合材料(CF RTP)シートの連続成形装置として、スチールベルトを用いたダブルベルトプレス(DBP)があるが、現在ICC所内にある試験用DBPを用いて高速かつ低コストな成形プロセスの確立を目指し金沢工業大学・石川工業試験場・サンドビック(株)で共同開発を進めている。CF RTPシート成形プロセス確立の為に、材料技術・樹脂含浸技術・成形技術・プロセス設計手法・機械設計などの関連する要素全てが修練される必要がある。その一つとして、プロセス設計を行うための計算技術開発を行ってきた。

ダブルベルトプレスはある温度・速度・加圧条件に対して定常状態でのプロセスプロファイルは一意的に決定される。まずDBPにて成形する材料の温度プロファイルを計算し、計算された温度プロファイルとアレニウス近似によって樹脂粘度プロファイルを計算し、最後にDarcy則を用いて含浸進行プロファイルを導出した。図1はこれらを導出するプロセスシミュレーションである。本シミュレーションを用いることにより炭素繊維/熱可塑性樹脂の組合せ毎に異なる最適なプロセス条件を卓上で事前検討可能となった。

また、スケールアッププロセス設計やプロセス最適化検討などにも活用できる。図2はプロセス最適化検討から設計した高速成形プロセスモデルである。平成29年度はこのモデル中の高速昇温装置を設計・製作し、DBPへ導入することによりプロセスの効率化を進める。

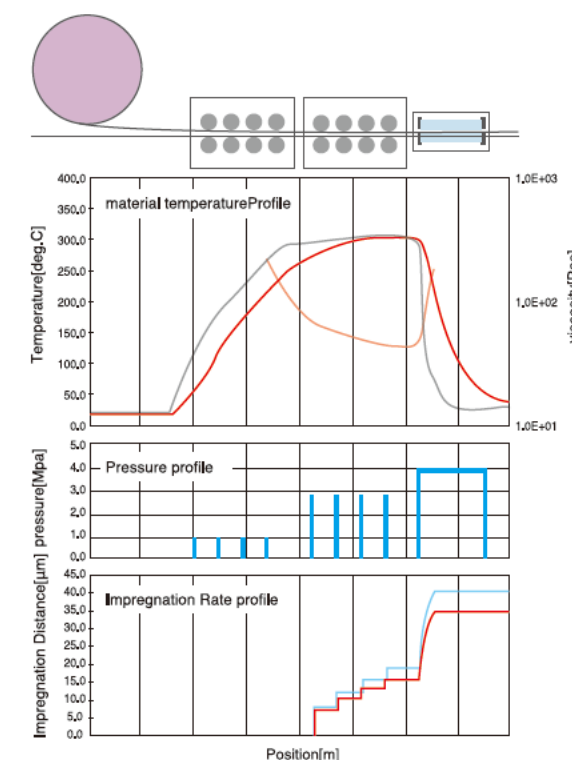


Figure 1. Process simulation

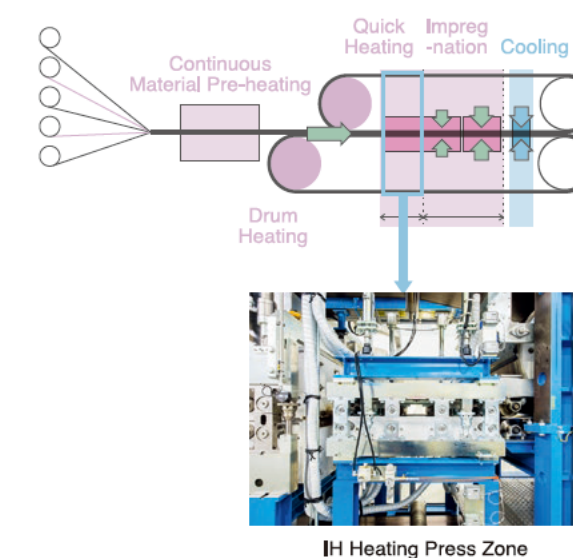
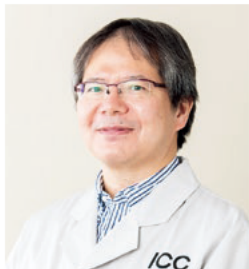


Figure 2. High Speed Impregnation Model



白井 武広

Takehiro Shirai

熱可塑性樹脂炭素繊維複合材料(CFRTP)のプレス成形とは、CFRTPスタンパブルシート(以下、シート)を樹脂融点以上に加熱し、高温状態のシートを成形金型へ搬送してプレス機で荷重を加え所望の形状に成形加工した後、金型を閉じた状態で荷重を保持して冷却する工程である。このCFRTPプレス成形で重要な技術要素は、プレス直前のシート温度、金型へのシート搭載位置、プレス荷重・速度・時間、金型温度、冷却時間などがあり、従来の研究では、これらの条件を組み合わせるプレス成形を行い、プレス成形品の寸法や機械物性、材料物性などを試験することで各技術要素の最適化の検討を行ってきた。しかし、CFRTPは炭素繊維と樹脂の複合構造であるので、樹脂や金属材料のように材料物性が均一では無く構造のパラツキが伴っていることから、シート断面内の温度や荷重伝達にもパラツキが伴い、一定の条件でプレス成形を行っても、常に同じ状態で成形され同じ物性が得られるとは限らない。

COI事業では、プレス成形技術を発展させて連続的または間欠的にプレス成形を行う製造技術を開発しており、社会実装可能なC、Hなどの形状断面を有する長尺連続プレス成形構造部材の製作を目標としている。CFRTPのプレス成形がバラツキを伴う問題は、連続プレス成形にとって非常に大きく、1個単位の部品プレス成形では成形後の検査で不良品を取り除けば良いが、連続プレス成形では成形途中でバラツキによる不良箇所が生じた場合、十分な検査を行わないと不良箇所を伴った状態で完成品、構造物に実装されてしまう問題がある。

本研究では、連続プレス成形への実装を目標としたプレス技術開発として、まずはプレス成形中の金型内での樹脂挙動モニタリングを行い、プレス成形工程内で成形品品質を判定し連続成形品の品質を担保することが第一の目標である。そして、プレス成形工程中のモニタリングデータから、成形品品質を予測しプレス条件を自律的に制御して常に一定の品質でプレス成形が行える技術開発が最終的な目標である。

2016年度の研究内容としては、2015年度に導入した2000kNのCFRTP油圧プレス装置に、新たに大判シートが加熱可能なシート加熱機を設置して、CFRTPプレス成形の検討が出来る装置システムの構築を行った。プレス成形中の金型内材料挙動モニタリングは、成形金型に搭載した樹脂圧力、温度センサと成形金型の変位を測定する変位センサを取り付け、各々のセンサ信号を統合して記録、解析が出来るモニタリングシステムを構築した。このモニタリングシステムを用いて、シート温度やプレス荷重、時間などの異なるプレス条件で成形検討を行ったところ、プレス機の高型が静止してプレス完了する直前にある一定の高型挙動を示す現象を確認した。この高型挙動と成形品の機械特性(曲げ)を比較したところ、ある固有の挙動を示すプレス条件では機械特性が良好である傾向を確認した。このことから、プレス成形工程モニタリングによって成形品品質を判定する可能性を見出すことが出来た。

炭素繊維複合材料のプレス成形制御技術の開発

Development of the innovative press forming control technology for CFRTP

The primary goal in this research is to develop pressing technology which enables implementation of continuous press molding process. It is to ensure the quality of continuous molding during the press molding process by monitoring the resin and fiber behavior in the molds during press molding.

In the end, the goal is to perform press molding with consistent quality by predicting the quality of the molded product and autonomously controlling the press conditions using the monitoring data given during the press forming process.

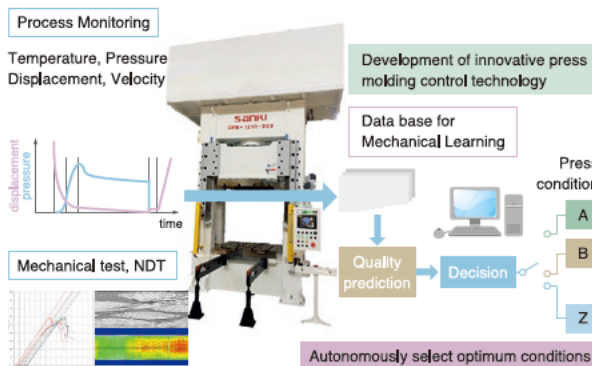
In the FY 2016 research, a sheet heating machine which can heat a large-sized sheet was newly installed in addition to a 2,000 kN CFRTP hydraulic press machine introduced in FY 2015, and established a device system that can investigate CFRTP press molding system.

A monitoring system that enables us to monitor material behavior in the molds during the press molding process by attaching resin pressure and temperature sensors mounted on a molding die, and a displacement sensor for measuring the displacement of a molding die, was established to integrate the respective sensor signals and to perform recording and analysis.

Using this monitoring system, molding under different press conditions such as sheet temperature, press load, time, and etc. was examined. As a result, a certain mold behavior phenomenon was confirmed just before the press die became stationary and completed the motion.

Comparing with the behavior of this metal mold and the mechanical properties (bending) of the molded product, a tendency showed that the mechanical properties are good under the press conditions in a certain inherent behavior.

Therefore, the possibility of judging the quality of a molded product by monitoring the press forming process was found.



布谷 勝彦

Katsuhiko Nunotani

近年、繊維強化熱可塑性複合材料(FRTP)を航空機や自動車に対する適用研究が広く進められている一方、将来、産業機器や一般構造材へのFRTPの適用を考慮した汎用構造材料として単純なビーム材やパイプ材の連続生産が必要とされている。今日、FRTPの成形は、プレス機を用いたプレス成形工法が主に研究および適用されている。プレス成形工法は、FRTP材料に十分な成形圧力を加えることができ、自由曲面形状を成形可能である。しかし、その成形品寸法は、金型寸法やプレス機の加圧能力に依存する。また、FRTP材料の全体加熱が必要であるため、大容量の加熱装置が必要である。よって、アングル材やチャンネル材のような単純な断面形状の長尺材成形へのプレス成形工法の適用は、最適な成形工法とは言えない。

本研究の目的は、円弧と直線から成る開断面のFRTPの簡便な2次加工法や長尺材を連続的に生産する工法の開発に適用するために、曲げ加工の基礎研究を行っている。ここで提案する曲げ加工法は、断面形状の円弧部のみの部分的に加熱曲げ加工である。通常のFRP成形は、積層構造の層間のせん断ずれにより、形状に賦形させている。しかし、部分曲げ加工は、曲げ部以外の母材樹脂を加熱溶融させないため、積層構造全体の層間のせん断ずれを生じない。よって、曲げ部円弧の内径と外径の周長差により、必ず強化繊維に板厚方向のシワが発生する。このシワは積層構造に対して、強度と剛性の低下を生じさせる。このため、本研究では積層構造において構造上で弱い面外力に対して、一般的なプレス成形と部分曲げ加工の機械特性評価を実施し、剛性部材への適用の可能性を示した。

試験体の製作に用いた材料は、マトリクス樹脂がナイロン6.6(PA6.6)の炭素繊維(CF)3K綾織物18plyの市販スタンパブルシートとした。試験体寸法はASTM D6415を参照し決定した。Figure1.に比較評価した(a)、(b)、(c)の成形および曲げ加工方法を、Figure2.に製作した試験体をそれぞれ示す。
(a)プレス成形: プレス成形は、一般的なスタンプ成形プロセスとした。
(b)自由曲げ加工: 比較として、部分加熱し、曲げ円弧部のサポートなしで曲げた試験体を製作した。
(c)拘束曲げ加工: 前述の(b)自由曲げと同様に部分加熱を行った後、曲げ部の外円弧形状と内円弧形状を拘束し曲げ加工を行った。

試験方法は、ASTM D6415を遵守し、Curved Beam Strength(CBS)試験を実施した。部分曲げ加工による試験体は、プレス成形の試験体に比べて、最大強度CBSが小さいが、破壊に至るまでの剛性は、全ての加工方法においてほぼ同等であった。また、部分曲げ加工による試験体の破壊は、複合材料特有の層間剥離による衝撃的な破壊を生じず、最大強度発生後も一定荷重を保つことが分かる。

FRTPの部分加熱による簡便な曲げ加工は、曲げ加工部にシワが大きく発生し、強度低下するが剛性は低下しないことが分かった。よって、FRTPの剛性部材の2次加工技術として、本手法は発展性があると考えられる。現在、成型や構造シミュレーションを用いて、繊維基材のシワ発生挙動や曲げ加工プロセスの開発を進めている。

部分加熱によるFRTPの曲げ加工技術の開発

Development of bend forming for FRTP laminated sheets by partial area heating

This research aims for the development of a production method for FRTP construction materials to be used in simple sections consisting of a straight line and a circular curve. For this, we studied simple bend forming only by partial heating of the FRTP laminated-sheet and the bending support. Test forming was taken as a "V" shape with one bend corner. It was formed at the inner radius of the bend using supports of different radii. Afterwards, damage such as delamination at the curved laminated portion was observed. Results revealed that the delamination and wrinkles appeared without using the inner support. In contrast, the delamination did not appear when using the inner support. In the case of the curved beam with only wrinkles, linear stiffness was observed. Therefore, simple bend formed parts with only wrinkles will be an ample hope for using stiff parts.

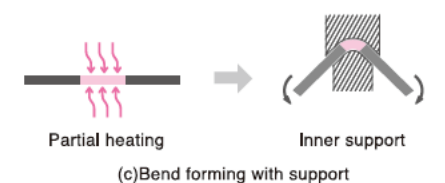
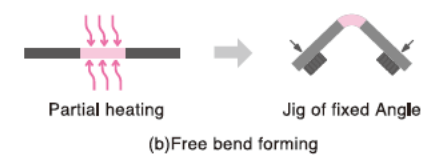
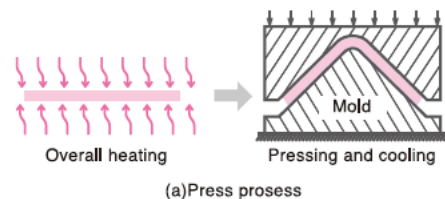


Figure1. Process of each Forming

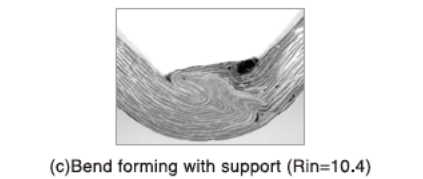
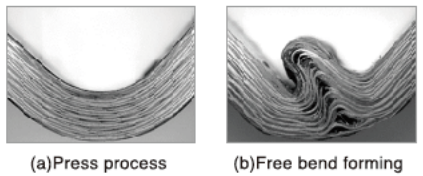


Figure2. Section of Specimen (CF/PA6.6)



植村 公彦
Kimihiko Uemura

近年、量産車へのCFRP適用を目指して 熱可塑性樹脂複合材料の開発が進められている。このとき、マルチマテリアル化を実現するために、鉄やアルミニウムとの異材接合が必要となる。しかし、難接着性の熱可塑性樹脂に接着接合は適さない。そこで、CFRTPの溶融特性を活用し、溶着による異種材料との接合を検討した。

今回、図1の様に、加工した鋼板とCF/PPに対して、超音波と電磁誘導による溶着を行い、ラップシア試験により、接合強度やプロセスの適用性を評価した。超音波溶着機を図2に、溶着の様子を図3に、試験結果を図4に示す。

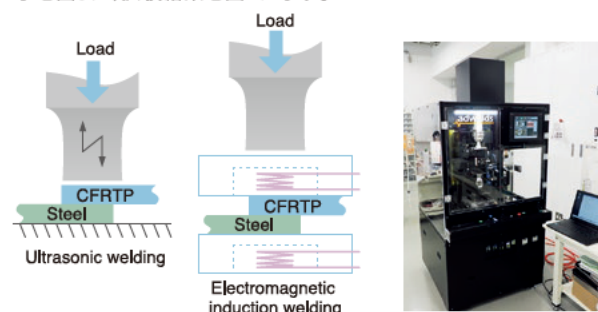


Figure 1. welding by ultrasonic and electromagnetic

Figure 2. Ultrasonic welding machine

電磁誘導溶着は、穴加工による接合面の面積減少により接合力が減少することが判明した。一方、超音波溶着では、接合面の溶着による接合は得られなかったが、溶解したCFRPが穴加工部に流動することで穴数の増加や直径の大きさに比例して接合力が増加することが確認された。電磁誘導溶着の穴部断面の様子を図5に、超音波溶着の穴部断面の様子を図6に示す。接合面は溶融せず厚み方向中間層が溶けている様子が分かる。

図1の中のlarge holeのラップシア試験中の挙動を図7に示す。

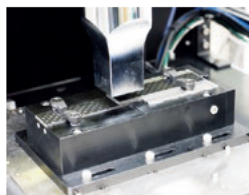


Figure 3. Ultrasonic welding

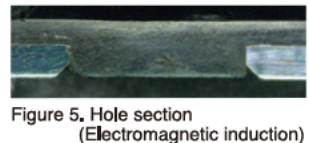


Figure 5. Hole section (Electromagnetic induction)



Figure 6. Hole section (Ultrasonic)

電磁誘導溶着では接合面の剥離により脆性的に破断するが、超音波溶着では継手強度自体は低いものの、CFRTPの嵌合効果により破壊発生後も荷重を负担している様子がわかる。

- 以上より、
- ・電磁誘導溶着は、Steelの加熱による溶着接合が可能だが、接合力は低く、脆性的な破壊挙動を示すことから、界面の接着力向上が課題となる。
 - ・超音波溶着は、溶着接合は出来ないが、(有穴鉄板に対しては)穴部へのCFRTPの嵌合効果による靱性的な接合が期待できる。

超音波・電磁誘導を用いたCFRTP-Steel異材接合

Different material joining of CFRTP-Steel by ultrasonic and electromagnetic induction

Our thermoplastic resin composite materials are currently being developed for the application of thermoplastic CFRP products in mass-produced vehicles.

For this, it is required that the CFRTP be joined to other dissimilar materials such as iron and aluminum in order to make multi-material structures. As shown in Figure 1, welding by ultrasonic and electromagnetic induction was performed on a processed steel plate and CF/PP, and the strength of the adhesive bonds and the applicability of the process were evaluated by a lap shear test. The ultrasonic welding machine is shown in Figure 2, the state of welding is shown in Figure 3, and the results are shown in Figure 4. It was found that with electromagnetic induction welding, the adhesive strength decreased proportionally with the decreasing area of the joining surface caused by the machined holes. On the other hand, bonding of the test surfaces using ultrasonic welding was not successful, but it was confirmed that the adhesive strength increased in proportion to the increase in the number of holes and the size of diameter due to the flowing of dissolved CFRP through the holes. Figure 5, shows the cross section of a hole after electromagnetic induction welding and Figure 6, shows the cross section of a hole by ultrasonic welding. The results indicate that the bonding surface does not melt and instead the intermediate layer in the cross direction is melted. Figure 7, shows the behavior of the large hole from Figure 1 during the lap shear test.

In the case of electromagnetic induction welding, brittle fracture occurs through separation of the joined surfaces. For the ultrasonic welding, the load is held even after fracture initiation, due to the interlocking effect of CFRTP, even though the joint strength itself is low. Therefore, one of our challenges is to improve adhesion at the interface during electromagnetic induction welding because of the low bonding strength and brittle fracture behavior that is shown, though it may be welded by heating the steel. For ultrasonic welding, direct welding with the perforated iron plate cannot be done, but strong and durable bonding is possible by the shaping effect of CFRTP through the holes.

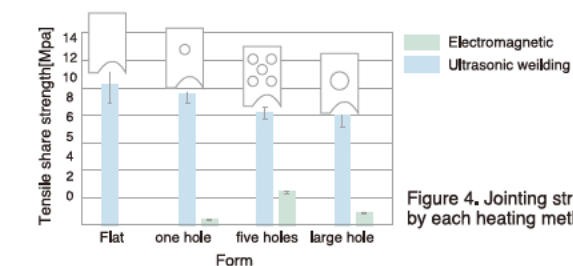


Figure 4. Jointing strength by each heating method

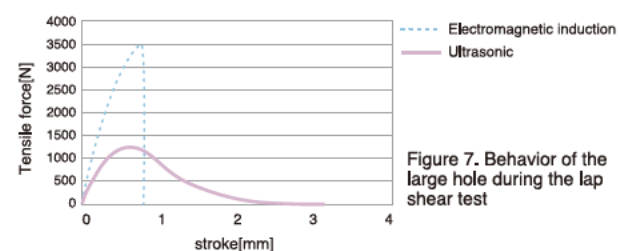


Figure 7. Behavior of the large hole during the lap shear test



坂本 昭憲
Akinori Sakamoto

金属をはじめとする複合材料以外の材料はボルトおよびリベットを用いた断続締結、レーザ溶接、超音波接合、電気溶接といった連続式の接合技術が実用化されている。一方CFRPを初めとする複合材料では接着剤やリベットによる接合技術は実用化されているが、連続式の溶着技術は未だ確立されていない。また、CFRTP同士の溶着接合条件も明らかにされていない。本研究では、レーザを用いた接合界面加熱方法を明らかにし、溶着接合技術を確認するとともに、CFRTP成型品レーザ連続溶着システムを開発する。

重ね合わせ接合の接合界面を効率よく加熱する工法についての検討を行い、重ね合わせ接合を行う上側のCFRTP板材にレーザ通過用の貫通穴を形成しCFRTPに直接レーザ照射加熱する工法(図1)を用いて、実際にCFRTP板材同士の重ね合わせ接合を行い、CFRTP板材同士の重ね合わせ接合が可能である事を確認した。(図2)



Experimental apparatus: Fiber laser processing machine SPF320 / SFX1800 made by Shibuya Co.



Figure 2. Lap-shear specimen by laser irradiation

CFRTP成型品レーザ連続溶着システムの開発

Development of CFRTP laser welding system

Continuous bonding techniques such as continuous joints using bolts and rivets, laser welding, ultrasonic bonding, and electric welding are practically used for materials like metals, and not composite materials.

On the other hand, bonding techniques using an adhesive or rivets have been put to practical use for composite materials such as CFRP, but a continuous welding technique has not been established yet. Also, the conditions for weld bonding of CFRTP to CFRTP have not been clarified.

In this research, we clarify the method of laser-heating the bonding interface, establish fusion bonding technology, and develop a laser continuous welding system for CFRTP molding.

We investigated an effective way of heating the bonding interface of superposition joints and provided a hole for laser passage on the upper CFRTP plate to be given direct irradiation and heating with laser radiation. (Figure 1) It was confirmed that a joint superposition of CFRTP plates could be demonstrated. (Figure 2)

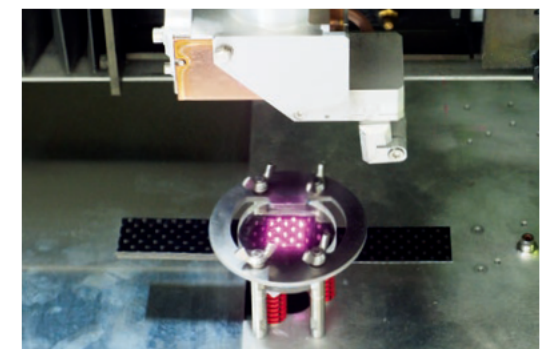


Figure 1. Lap-shear test by laser irradiation



金崎 真人
Manato Kanesaki

CFRTPの融着による修復条件と修復後の力学的特性の関係

Relationship between repairing condition CFRTP by fusion bonding and mechanical properties of repaired region

炭素繊維強化プラスチック(carbon fiber reinforced plastic:CFRP)は比強度・比剛性に優れることから、輸送機械の構造材として使用されている。一方、小石の衝突や工具の落下等の面外衝撃程度であっても内部に層内樹脂割れや層間はく離等の損傷を発生させ、面内圧縮強度の低下を引き起こす。そこで本研究では、炭素繊維強化熱可塑性プラスチック(carbon fiber reinforced thermoplastic:CFRTP)内部に発生した層間はく離を熱融着によって修復することで、損傷許容性向上を目指している。また、形状や力学的特性をできる限り元の状態を維持することを目的に、融点近傍での熱融着に着目している。

本実験では、CF/PA6直交積層板に衝撃を与えて層間はく離を導入した後(図1)、200℃～220℃の温度を加え内部損傷を熱融着し、融着した層間はく離部のせん断強度を目違い切欠き圧縮試験で評価した。その結果、210℃程度から層間はく離を融着できた。また、融着温度が上昇し、融着時間を長くすることで、層間せん断強度が向上する傾向がみられた(図2)。一方、融着温度220℃では試験片から繊維および樹脂が流出した。

今後、実際の破壊状態や融着時の融着面の挙動を観察する等融着メカニズムを調査していく。また、実際の構造への適用を推し進めるため適用方法を検討していく他、損傷した部材を修復するか交換するかといった際に必要な評価手法に関しても検討を進めていきたい。

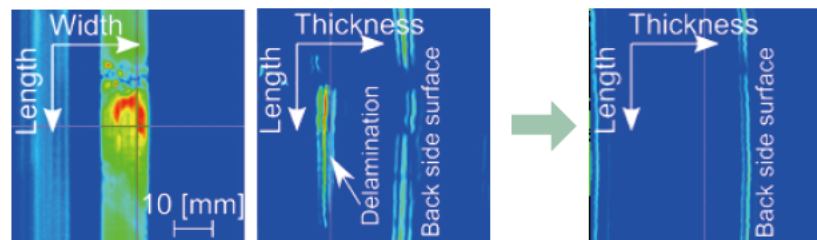


Figure 1. Ultrasonic inspection images of delamination before and after repair in CF/PA6 laminates.

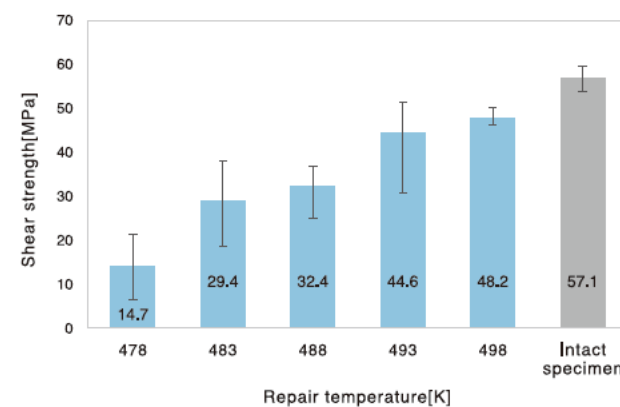


Figure 2. Relationship between repair temperature and interlaminar shear strength



附木 貴行
Takayuki Tsukegi

iPP-PAA類を用いたCF/PPの界面せん断強度に関する研究

Study on interfacial shear strength of recycled CF / PP with iPP-PAA

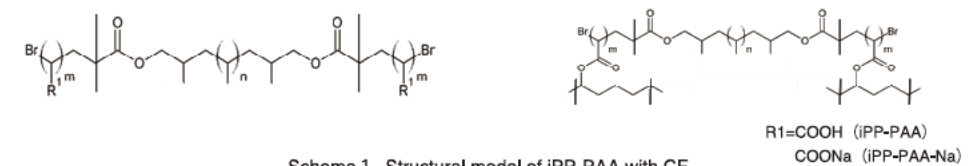
炭素繊維(Carbon fiber:CF)は金属よりも軽く強度や弾性率に優れていることから、熱硬化性樹脂を組み合わせた複合材料として利用されている。しかし製品化には、コスト、加工性およびリサイクル技術等多くの課題を抱えている¹⁾。そこで、リサイクル性や成形加工性の高い熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材(Carbon Fiber Reinforced Plastics:CFRP)の研究が進められている。本研究はポリプロピレン(PP)を使用し、相溶化剤としてPP系アイオノマーと、既存の無水マレイン化ポリプロピレン(MAPP)を選択し、CF(短繊維)との界面接着性を評価した。(図1)実際にCFRPと両末端に反応性二重結合を持つテレケリックスのポリアクリルアミド(PAA)に合成した相溶化剤を添加させることでCFRPの界面接着性がMAPPと比較し約35%向上したことを確認した。(図2)

Carbon fiber (CF) is lighter than metal and excellent in strength and elastic modulus, so it is used as a composite material combined with thermosetting resins. However, composite production has many problems such as cost, processing, recycling, etc.¹⁾ Therefore, research on Carbon Fiber Reinforced Plastics (CFRP) using thermoplastic resin with high recyclability and molding processability is proceeding. In this study, polypropylene (PP) was used as the base material, and the interfacial adhesion between the compatibilizer CF ionomer and existing maleic anhydride polypropylene (MAPP) and CF (short fiber) when kneaded was evaluated. (Figure 1) In fact, by adding a compatibilizer synthesized to polyacrylid (PAA) to Telechel having reactive double bonds at both ends, the interfacial adhesion of CFRP is confirmed to have improved by about 35% compared with MAPP.(Figure 2)

1) A Survey Report of Manufacturing Process and Industrial Application of CFRP. Masahiro Furuhashi, Fuminori Hashizume, 2009.

Table. Sample compounding ratio

	PP WT%	MAPP WT%	IPP-PAA WT%	IPP-PAA-NA WT%	RPP-PAA WT%
Entry1	100	—	—	—	—
Entry2	100	3	—	—	—
Entry3	100	—	3	—	—
Entry4	100	—	—	3	—
Entry5	100	—	—	—	3



Scheme 1. Structural model of iPP-PAA with CF

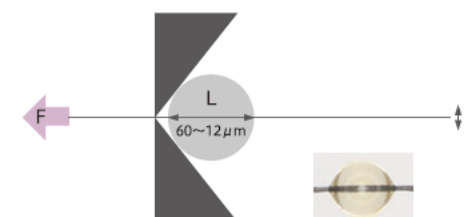


Figure1. Micro-Droplet test

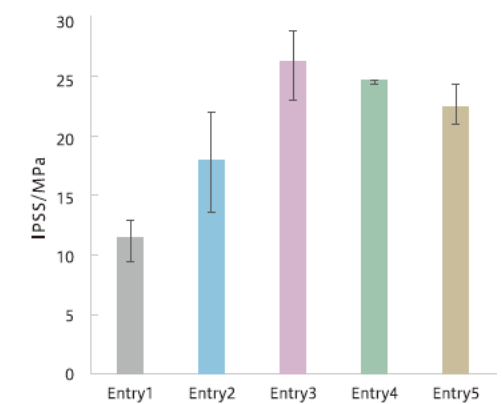


Figure2. Comparison of interfacial shear strength

平成 28 (2016) 年度：Achievemnt in FY 2016

論文

1. Mohamed H. Gabr, Kiyoshi Uzawa, Novel multifunctional polyamide composites produced by incorporation of Al-Ti sub-micro particles, Journal of Composite Materials, 51(8), 1119-1134, July 6, 2016.
2. Takayuki Tsukegi, Yusuke Yamada, Hajime Kitamura, Osamu Yoshimura, Masayuki Maeda, Haruo Nishida, Kiyoshi Uzawa, Mechanical and antistatic properties of hybrid fiber-reinforced composites with lignocellulosic and recycled carbon fibers. , Koubushi Ronbunshu, Vol. 73, No. 3, Pages 238-243, May. 25, 2016.
3. Haruo Nishida, Keisaku Yamashiro, Takayuki Tsukegi, Biomass Composites from Bamboo-based Micro/Nanofibers, Handbook of Composite from Renewable Materials, Nanocomposites: Science and Fundamentals, Volume 7, Pages 339-361, in press
4. 石田 応輔、鵜澤 潔、金原 勲、PA6溶液含浸処理を用いた炭素繊維織物/PA6複合材作製手法、強化プラスチック、Volume 62, Pages 318-323, Aug. 26, 2016.
5. Etsuro Sugimata, Hisai Ueda, Wataru Kuriyama, Wataru Okumura, Mitsugu Kimizu, Mitsuhiko Taka, Daisuke Mori, Kiyoshi Uzawa, Formability of Braided CFRTP Cylindrical Pipe in Pipe Bending, Journal of Textile Engineering, 63(2), 49-54, in press
6. 石田 応輔、北田 純一、鵜澤 潔、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基礎検討、材料システム、Volume 35, Pages 53-59, Mar. 15, 2017.

講演

1. 附木 貴行、「リサイクル炭素繊維の用途と界面特性」、高分子学会 第5回グリーンケミストリー研究会シンポジウム、日本大学理工学部神田駿河台キャンパス1号館6階、千代田区、東京都、Aug. 6, 2016.
2. 鵜澤 潔、「安全・安心で持続性のある社会を、軽量構造物で実現するために、」、先端技術講義Ⅱ（2年生対象）、文科省「スーパープロフェッショナルハイスクール」事業、石川県立工業高校、金沢市、石川県、Sep. 9, 2016.
3. 鵜澤 潔、「炭素繊維複合材料(CFRP)が社会を変える！そのために、」、先端技術講義Ⅰ（1年生対象）、文科省「スーパープロフェッショナルハイスクール」事業、石川県立工業高校、金沢市、石川県、Dec. 7, 2016.
4. 鵜澤 潔、「炭素繊維複合材料(CFRP)が社会を変える！そのために、」、平成28年度全国理科教育大会第87回日本理化学協会総会石川大会、金沢工業大学扇が丘キャンパス 6号館多目的ホール、野々市、石川県、Aug. 9, 2016.
5. 鵜澤 潔、最新のICCの取組について、NCC次世代複合材研究会「JAXA 調布航空宇宙センター 飛行場分室」講演&見学会、JAXA 調布航空宇宙センター 飛行場分室、三鷹市、東京都、Nov. 21, 2016.
6. 鵜澤 潔、「複合材料の適用拡大にむけて」—研究開発拠点から産業クラスターの形成へ—、炭素繊維複合材料に関する講演会、財団法人プラスチック工業技術発展センター、台中工業区、台湾、Nov. 15, 2016.
7. 鵜澤 潔、国内外のFRP展望、東日本FRP工業会、アパホテル金沢駅前、金沢市、石川県、Sep. 25, 2016.
8. 鵜澤 潔、複合材料適用技術における成形・製造動向、伊藤忠テクノソリューション株式会社「CTC・複合材解析特別セミナー」、CTC大阪オフィス、大阪市、大阪、Feb. 22, 2017.

口頭発表

1. 奥村 拓己、田中 基嗣、大澤 直樹、北川 智隆、小野寺 美穂、永野 知也、折戸 雅俊、金崎 真人、斉藤 博嗣、大澤 敏、CF/PP複合材料界面に対する大気圧プラズマ処理条件の最適化、日本複合材料学会第41回複合材料シンポジウム、高知工科大学永国寺キャンパス、高知市、高知県、Sep. 16, 2016.
2. 神田 恭宗、奥村 拓己、田中 基嗣、大澤 直樹、斉藤 博嗣、金崎 真人、金原 勲、大気圧プラズマ処理により界面制御されたCF/PP複合材料の界面引張強度に及ぼすプレテンションの影響、日本機械学会北陸信越支部第46回学生会員卒業研究発表会、金沢大学角間キャンパス、金沢市、石川県、Mar. 8, 2017.
3. 附木 貴行、山田 佑介、吉村 治、鵜澤 潔、西田 治男、バイオマス繊維と炭素繊維を強化材に利用したハイブリット複合材料の物性向上とリサイクル性、プラスチックリサイクル化学研究会 第19回討論会、九州工業大学 戸畑キャンパス、北九州市、福岡県、Sep. 1, 2016.
4. 附木 貴行、朝日 祐貴、谷田 育弘、大澤 敏、微細化PPのプラズマ処理におけるCF/PP界面強度の評価、第41回複合材料シンポジウム、高知工科大学 永国寺キャンパス、高知市、高知県、Sep. 15, 2016.
5. 保倉 篤、宮里 心一、土木分野への熱可塑性FRP筋のニーズ調査と基礎的な耐久性評価、平成28年度土木学会全国大会第71回年次学術講演会、東北大学川内北キャンパス、仙台市、宮城県、Sep. 7, 2016.

6. 保倉 篤、宮里 心一、土木分野における付帯物および仮設物を熱可塑性FRPで製造する利点の整理、土木学会（複合構造委員会）第6回FRP複合構造・橋梁に関するシンポジウム、名古屋大学野依記念学術交流館、名古屋市、愛知県、Nov. 25, 2016.
7. 保倉 篤、宮里 心一、熱可塑性 FRPの社会実装へ向けたニーズ調査と検討—COI 事業の取り組みを踏まえて—、日本材料学会第187回 コンクリート工事用樹脂部門委員、日本材料学会、京都市、京都府、Mar. 17, 2017.
8. 布谷 勝彦、革新材料の社会実装に向けて、JSTフェア2016 COI成果発表会、東京ビッグサイト、江東区、東京都、Aug. 26, 2016.
9. Mohamed Gabr, Kiyoshi Uzawa, Effect of different types of nano/micro fillers on the interfacial shear properties of polyamide 6 with de-sized carbon fiber, ICCM-Waset, Holiday Inn Hotel, Wembley, London, UK, Jan. 18, 2017.
10. Mohamed Gabr, Kiyoshi Uzawa, Improving interfacial adhesion of submicro PA6 composites with de-sized carbon fiber, ICMSET, Tokyo University, Tokyo, Oct. 30, 2016.
11. Mohamed Gabr, Kiyoshi Uzawa, Study on the effective method of extracting the sizing on the carbon fiber surface, JCCM-8, Tokyo University, Tokyo, Mar. 16, 2017.
12. 植村 公彦、布谷 勝彦、鵜澤 潔、CFRTP-STEELの機械接合の継手強度とプロセスによる初期検討、日本複合材料学会第41回複合材料シンポジウム、高知工科大学永国寺キャンパス、高知市、高知県、Sep. 15, 2016.
13. Manato Kanesaki, Mototsugu Tanaka, Hiroshi Saito, Kiyoshi Uzawa, Masaki Hojo, and Isao Kimpara, RELATIONSHIP BETWEEN INTERLAMINAR SHEAR TRENGTH AND REPAIR CONDITIONS OF ELAMINATION BY THERMAL FUSION BONDING IN CF/PA6 LAMINATES, The 17th European Conference on Composite Materials, Internationales Congress Center München, Munich, Germany, Jul. 27, 2016.
14. Manato Kanesaki, Mototsugu Tanaka, Hiroshi Saito, Kiyoshi Uzawa, Masaki Hojo, and Isao Kimpara, Experimental Evaluation of Interlaminar Shear Strength in Region of Repaired Delamination by Thermal Fusion Bonding in CP/PA6 Laminates, Asia-Pacific Conference on Fracture and Strength 2016, Toyama International Convention Center, Toyama, Japan, Sep. 20, 2016.
15. Hiromichi Akimoto, Specially appointed professor at the Graduate School of Engineering, Floating Offshore Wind Turbines 2017, Marseille Chanot, Marseille, France, Mar. 16, 2017.
16. 金崎 真人、田中 基嗣、斉藤 博嗣、鵜澤 潔、北條 正樹、金原 勲、CF/PA6積層板における目違い切り欠き圧縮試験による層間はく離融着部の層間せん断強度評価、第8回日本複合材料会議、東京大学本郷キャンパス、文京区、東京、Mar. 18, 2017

ポスター発表

1. Tanaka, M., Osawa, N., Kitagawa, T., Okumura, T., Onodera, M., Nagano, T., Orito, M., Kanesaki, M., Saito, H., Osawa, S., Effect of Atmospheric Pressure Plasma Treatment on Interfacial Bonding of CF/PP Composites, 17th European Conference on Composite Materials, International Congress Center Munich, Messegelände 81823 Munich, Germany, Jul. 28-29, 2016.
2. 附木 貴行、吉村 治、西田 治男、リサイクル炭素繊維とリグノセルロース繊維で強化したハイブリット複合材料の力学的性質、高分子学会 第5回グリーンケミストリー研究会シンポジウム、日本大学理工学部神田駿河台キャンパス1号館7階、千代田区、東京都、Aug. 6, 2016.
3. 古賀 楓真、西田 治男、附木 貴行、竹由来のセルロースナノファイバーの表面機能化とナノコンポジットのワンポット合成、高分子学会 第5回グリーンケミストリー研究会シンポジウム、日本大学理工学部神田駿河台キャンパス1号館8階、千代田区、東京都、Aug. 6, 2016.（ポスター受賞）
4. 古賀 楓真、西田 治男、附木 貴行、セルロースナノファイバーの表面改質と強化プラスチックの開発、プラスチックリサイクル化学研究会 第19回討論会、九州工業大学 戸畑キャンパス、北九州市、福岡県、Sep. 1, 2016.
5. Fuma Koga, Takayuki Tsukegi, Haruo Nishida, Surface functionalization of cellulose nano-fiber derived from bamboo and thereby one-pot synthesis of functional nano-composite, The 11th SPSJ International Polymer Conference (IPC 2016) , Fukuoka International Congress Center, Dec. 16, 2016.
6. 榊原 啓介、酒井 崇至、伊藤 司、附木 貴行、佐々木 大輔、吉村 治、iPP-PAA類を用いたCF/PPの界面せん断強度に関する研究、日本化学会第97春季大会、慶応大学 日吉キャンパス、横浜市、神奈川県、Mar. 18, 2017.

特許

1. Ryohei Kakuchi, Kazuaki Ninomiya, Yoshiki Shibata, Kiyoshi Uzawa, Tomoki Ogoshi, Katsuhiro Maeda, Tomoyuki Ikai, Kenji Takahashi, "Method for producing polysaccharide derivative and lignin derivative", PCT/JP2015/080036, 2015.10.23, WO 2016/068053 A1, 2016.5.6, 出願中