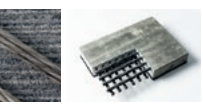
革新材料による次世代インフラシステムの構築

～安全・安心で地域と共存できる数世紀社会の実現～

金沢工業大学COI　成果報告書

infrastructure using innovative Process & Materials

ICC
Innovative Composite Center





EVALUATION and CONFIRMATION



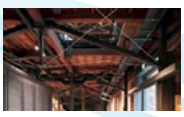
写真提供：JR 東海

Real & Full Sized Evaluation



INNOVATIVE APPLICATION for SDGs









CONTENTS

はじめに ……2

Ⅰ **拠点概要**

目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）……4
プラットフォームの構築 ……5
実施体制 ……6

Ⅱ **研究開発成果**

次世代インフラ ……7
1. FRP補強筋 ……8
2. 建築向けFRPパネル ……9
3. “Carbon CUBE”……9
4. テンションロッド ……10
5. 橋梁部材（PC緊張材）……10
6. 大型パネル（風力ブレード）……11
7. 大型パネル（硬翼帆）……11
8. グラウンドアンカー ……12
革新製造技術 ……12
9. プレス成形 ……13
10. ダブルベルトプレス ……13
11. 長尺構造材 ……14
12. 中空部材 ……14
13. 接合技術 ……15
14. 界面 ……16
革新材料 ……16
15. ランダムシート ……16
16. PVA高強度繊維 ……17
17. バイオマス由来樹脂 ……17
18. 超耐熱樹脂 ……17
19. リサイクル ……17

Ⅲ **拠点活動の実績**

成果の発信
プレス発表 ……18
その他（雑誌・新聞掲載、放映等）……20
アウトリーチ活動
出展・展示、成果発信イベント開催等 ……21
見学・来訪 ……25
掲載論文リスト ……28

資料（ポスター集）……38

はじめに

文部科学省と国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）による「革新的イノベーション創出プログラム（COI STREAM）」は2013年に開始されました。

「今の夢。10年後の常識。新しい未来を作りたい。」が「革新的イノベーション創出プログラム（COI STREAM）」のキャッチフレーズです。10年後の日本が目指すべき姿を3つのビジョンとして設定し、そこからバックキャストされる課題を異分野融合・連携型の研究開発にて取り組むものです。

本拠点は、社会コストや環境負荷の低減と新たな価値の創造により、安心・安全で地球と共存できる数世紀社会の実現にむけて、「革新素材」と「革新製造プロセス」の融合により、従来の鉄やコンクリートに代わる、軽量・高強度で長寿命、低コストかつ加工し易く大量生産可能な「革新構造材料」を開発し、次世代インフラシステムとして社会実装することに取り組みました。

COI事業は3年間毎に3つのフェーズにて、合計9年間で進めました。フェーズ1では幅広いシーズ技術・基礎開発の深堀りを行いながらアプリケーションの開拓を進め、フェーズ2では共通部材の製造技術に取り組み、平行してタスクチームを組織して開発成果の早期社会実装にも取り組みました。そして、フェーズ3では社会ニーズが高く本拠点の大本命であるFRP補強筋に集中して、実証試験に加え、量産化への技術移行にも取り組むことができました。
それに加え数多くの研究成果が生まれ、商品化されたものや、当初の想定したアプリケーション以外の分野にも用途開発が行われ、多くの社会実装が達成できました。

これらの９年間の活動と研究成果を、本報告書ではフェーズごとにまとめポスター形式で掲載しました。是非ご覧ください。

また、これらの取り組みは大学や企業単独では解決できない課題を組織の壁を越えて一つ屋根の下に集まるアンダーワンルーフの取り組みが必要であり、その場となる拠点の形成についても取り組んできました。本事業では10の大学公設試と17の企業が参画し、さらに出口となるユーザー企業やインフラの所有者・管理者まで巻き込み、異分野融合、垂直連携のネットワークを形成できたことは大きな成果と言えます。

COI事業は2022年3月にはその活動が終了します。それは終わりでなく、一つの区切りであり、挑戦は続けていきます。ビジョン達成に向け残された課題に取り組み、さらに発展させ社会実装し、常識が文化になるところまで、そしてCOIで築いた拠点とネットワークを活かし「夢を常識」に「新しい未来を作る」ことに向かっていきたいと思います。

本報告書は文部科学省、国立研究開発法人 科学技術振興機構（JST）のご協力を得て、金沢工業大学COI拠点に参画していただいた皆様のご協力のもと作成することができました。関係各位に感謝申し上げます。

2022年3月
金沢工業大学ＣＯＩ拠点
「革新材料による次世代インフラシステムの構築」拠点

プロジェクトリーダー・機構長
（大和ハウス工業株式会社理事）　池端 正一



研究リーダー・副機構長
（金沢工業大学革新複合材料研究開発センター所長・教授）　鵜澤 潔



岡山大学 OKAYAMA UNIVERSITY
Ashida
IMA ICHIMURA
KOMATSU
金沢大学 KANAZAWA UNIVERSITY 1862–1949
Art in Technology komatsumateRe
岐阜大学
SUNCORONA ODA
京都大学 KYOTO UNIVERSITY
Shibuya 渋谷工業株式会社
JAIST JAPAN ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY 1990
KIT 金沢工業大学
GH CRAFT Art & Science Composite Design,Engineering & Manufacture

革新複合材料研究開発センター（ICC）
NIMS 国立研究開発法人 物質・材料研究機構
DID
Daiwa House
FWRI
DREAM NAVIGATOR SINCE 1909 TSUDAKOMA
IRII 石川県工業試験場 Industrial Research Institute of Ishikawa
GITEC 岐阜県産業技術総合センター Gifu Prefectural Industrial Technology Center
'TORAY'
モーリン化学工業株式会社
NAC KS ナック・ケイ・エス株式会社
MODEC
日産化学工業株式会社
ipco
日本製紙
日本FRP株式会社
SANDVIK
Maywa Co.,Ltd. 明和工業株式会社

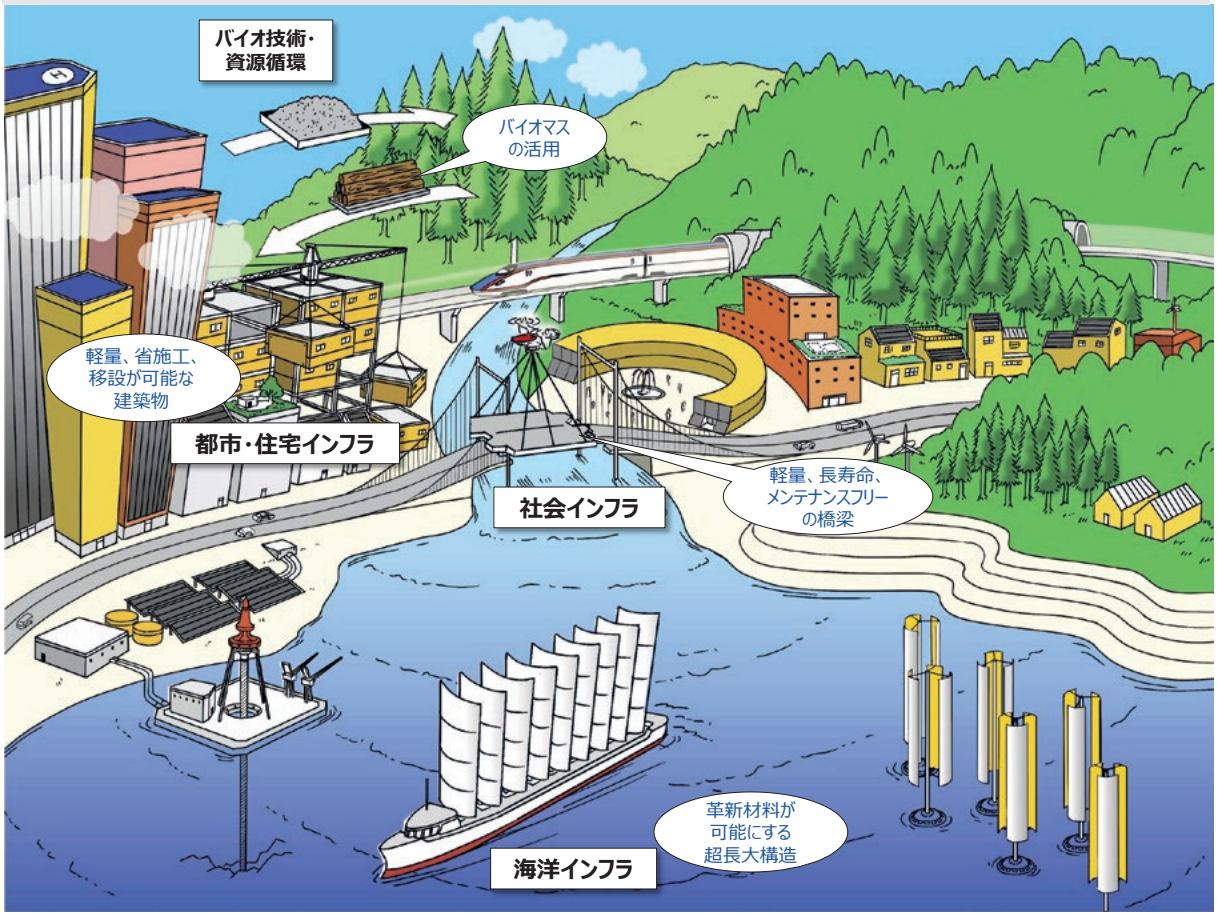
COI STREAM 金沢工大 COI拠点

Ⅰ　拠点概要

金沢工業大学COI拠点は、2013年に文部科学省（MEXT）／国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）「センター・オブ・イノベーション（COI）プログラム」の採択を受け、拠点ビジョン（目指すべき将来の姿）の実現のため、多くの企業・機関の研究者が一つ屋根の下（アンダーワンルーフ）で革新的な研究開発に取り組んできた。

目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）

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～



目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）

本拠点は、目指すべき社会『安全・安心で、長期間に亘って価値を失わない数世紀社会』の具現化を図るため、「革新素材」と「革新製造プロセス」の融合により、従来の鉄やコンクリートに代わる、軽量・高強度で長寿命、低コストかつ加工し易く大量生産可能な「革新構造材料」を開発し、次世代インフラシステムとして社会実装することにより、社会コストの低減と新たな価値の創造を目指した研究開発、さらにはバイオマスを利用した技術による環境負荷の低減や原料コストの低減の実現を目指した研究開発を行ってきた。

プラットフォームの構築

本拠点では、研究開発のプラットフォームとして、金沢工業大学にオープンな研究開発拠点（ICC：革新複合材料研究開発センター）を整備し、研究者が一つ屋根の下に集って研究開発を実施してきた。平成30年にはクローズな環境で製品開発・実証開発を行うことのできるスペースを拡張整備し、ICCは複合材分野において国内最大級の研究開発拠点となっている。



中心実施場所（プラットフォーム）：ICC



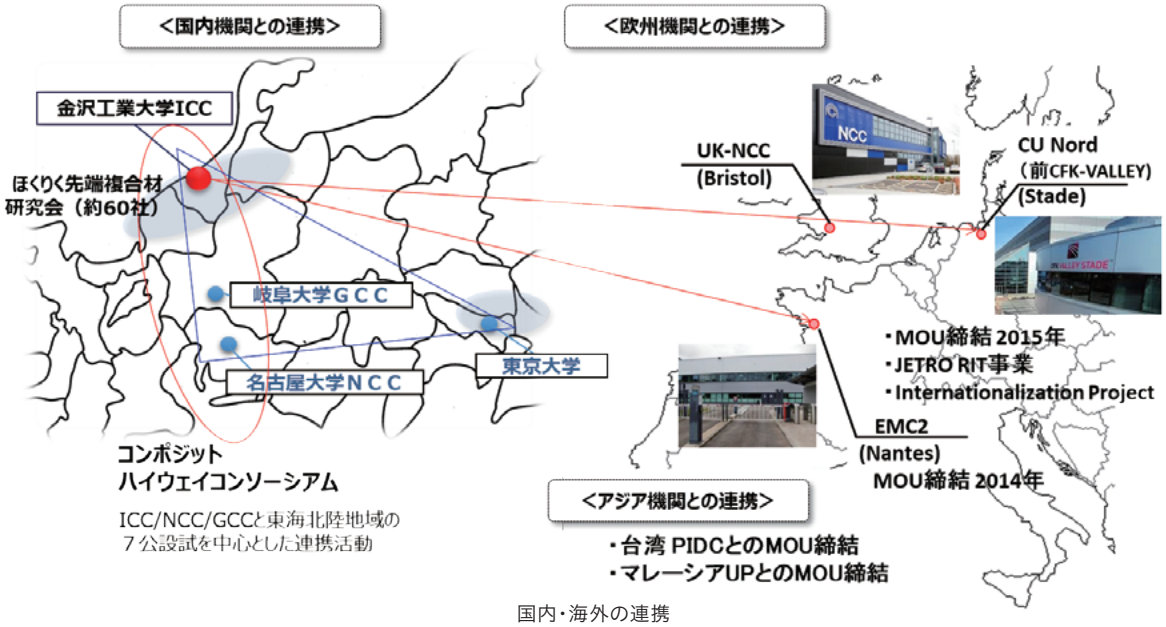
大空間の研究開発エリア

さらに、研究開発成果の社会実装を推進するため、国内外の関連業界・組織とのネットワーク形成を積極的に行い、イノベーション・プラットフォームの構築に取り組んできた。

インフラ分野においては、ゼネコン、部材メーカー等のユーザー、鉄道、道路、電力、港湾等の研究機関、ならびに発注者からなる「土木分野への革新材料実装研究会」を作り、同研究会と連携し次世代インフラシステムの社会実装に向けたニーズ、課題の把握と研究活動へのフィードバックを行ってきた。

また、約60社の先端複合材に関心をもつ企業による研究会「ほくりく先端複合材研究会」の事務局をICCにおいた活動や、ICC、NCC（名古屋大学ナショナルコンポジットセンター）、GCC（岐阜大学コンポジットセンター）の3つのコンポジットセンター、東海北陸を中心とする地域の公設試験場、ならびに関連自治体によるサプライチェーン形成を目指したコンソーシアム活動を行ってきた。なお、これらの活動に基づき、本COIの中心実施場所であるICCは、経済産業省 J-Innovation HUB地域オープンイノベーション拠点として、事業初年度に全国9拠点の一つに選抜されている。

同時に海外においても、先端複合材の市場形成が進み、先進的な産学官のクラスタ活動で先行する欧州の産業クラスタ等とのネットワーク形成、協力協定に基づく連携活動を進めてきた。さらに事業化にあたって今後関係が深まるアジア地域の関連機関とも協力協定を締結し、連携活動を開始した。



国内・海外の連携

今後も目指すべき社会の実現に向け、さらに多くの新しい企業・大学・機関とも連携をはかり、研究開発とその社会実装に向けた取り組み、持続的なプラットフォームの構築を継続していく計画である。

実施体制

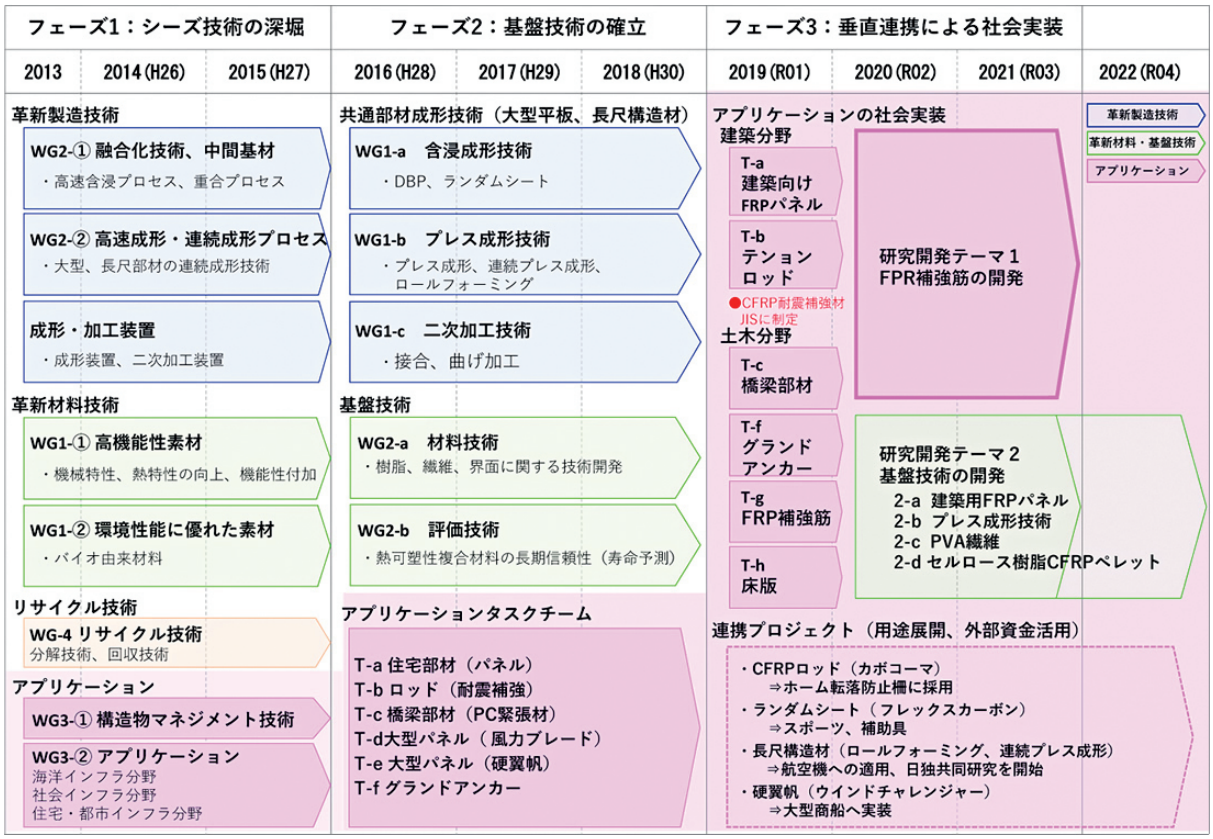
異分野・異業種の機関・企業が一つ屋根の下（アンダーワンルーフ）で研究開発に取り組む金沢工業大学COIの実施体制は次の通りである。

現在の参画機関は19機関・社であるが、下記には、研究開発の進展に伴い、社会実装の新たなフェーズに移るためアドバイザー機関としての参加に変更した企業、COIとの連携プロジェクトとして展開するテーマに移行した企業も含まれている。

プロジェクトリーダー：池端　正一　（大和ハウス工業株式会社）
研究リーダー　　：鵜澤　潔　（金沢工業大学）
中核機関　　：金沢工業大学
参画機関　　：金沢大学
北陸先端科学技術大学院大学
岐阜大学
岡山大学（～2019.3.31）
物質・材料研究機構
京都大学
土木研究所
石川県工業試験場
岐阜県産業技術総合センター　※2019.4.30まで　岐阜県工業技術研究所
大和ハウス工業株式会社
東レ株式会社
コマツ産機株式会社（～2019.4.1）
日産化学工業株式会社（～2016.3.31）
三井海洋開発株式会社（～2019.4.30）
一村産業株式会社（～2019.4.30）
サンコロナ小田株式会社
津田駒工業株式会社
澁谷工業株式会社
小松マテーレ株式会社　※2018.9.30まで　小松精練株式会社
大同工業株式会社
株式会社芦田製作所（～2019.4.30）
プロセスシステム株式会社（～2019.4.30）　※2017.9.30まで サンドビック株式会社、2019.5.1 IPCO株式会社へ
明和工業株式会社（～2018.3.31）
ナック・ケイ・エス株式会社（～2016.7.31）
株式会社ジーエイチクラフト（～2019.4.26）
日本エフ・アール・ピー株式会社（2016.8.1～2019.4.30）
モーリン化学工業株式会社（2016.8.1～）
日本製紙株式会社（2016.8.1～）
ＩＰＣＯ株式会社（2019.5.1～）

II　研究開発成果

9年間にわたるCOIの研究活動では、フェーズ1、フェーズ2、フェーズ3と3年を区切りとしてシーズ技術の深堀から、それらの技術の組み合わせによる共通部材の革新製造技術、革新素材開発、さらに具体的なバックキャストからこれらの技術を適用したアプリケーションの社会実装により次世代インフラの構築を進めてきた。これまでの活動の成果として、多くの製造技術の確立や中間材料・構造材料の商品化、耐震補強材のJISの制定など、安心・安全な社会の実現への貢献がある。また、開発成果は汎用的な技術でもあり、当初目的としたインフラへの適用だけに留まらず、スポーツ分野や航空機分野等に幅広く展開され、連携プロジェクトとして外部資金等も活用し社会実装を推進している。COIの研究期間終了後においても、基盤技術で進める研究等を企業との連携により、社会実装へつなげる取り組みを継続して実施していく計画である。



次世代インフラ

革新材料の社会実装のターゲットとして「社会インフラ」、「都市・住宅インフラ」、「海洋インフラ」の3分野を設定した。各分野における目標は以下のとおりである。

社会インフラ：

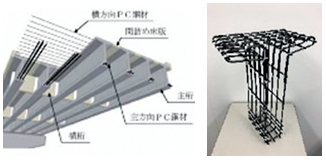
長寿命、軽量・高強度な革新材料を適用した次世代インフラシステムを実現することで、建設時の省施工化、維持管理の低減などにより社会コストを低減し、将来の不安を解消する。

都市・住宅インフラ：

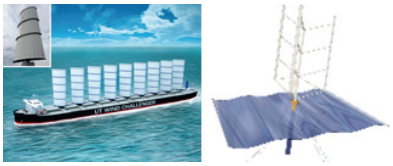
災害にも強く、省施工で簡単に作れる自由な設計の建築物や、少子高齢化等の社会変化に対応した都市・住宅環境の再整備等の課題を革新材料で解決し、価値を失わない魅力的な都市・住宅環境を創生する。

海洋インフラ：

鉄などの従来材料では不可能な超長大構造を革新材料で実現し、再生可能エネルギーへの転換、石油に頼らない社会を作り新しい価値を創造する。


社会インフラ


都市・住宅インフラ


海洋インフラ

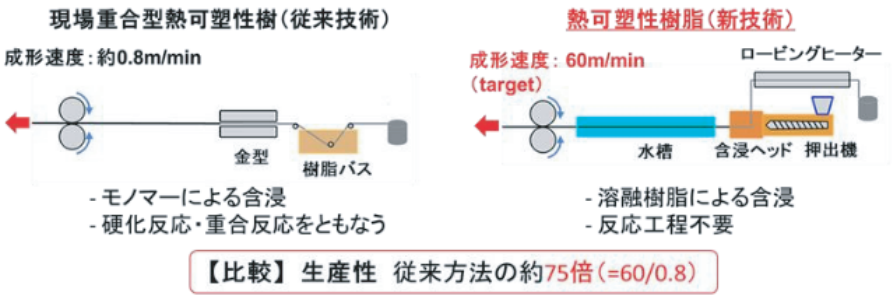
1.FRP 補強筋

コンクリート構造において、鉄筋やエポキシ被覆筋の代替として、軽くて腐食しないFRP補強筋を実用化する。FRP補強筋は腐食しないためコンクリート構造の寿命を大幅に伸ばすことが可能であり、またクラックによる水分の侵入を考慮する必要がないため、かぶり厚を最小にするなどコンクリート構造自体を軽量化することも可能となる。さらにFRP筋の軽量化により運搬や現場施工が軽減でき現場の省人化、工期短縮も可能となる。このように新たな設計手法や施工から維持管理、長寿命化まで含めLCCの観点で大きなメリットがあると言える。FRP補強筋はすでに製品化させているものも存在するが、本開発ではFRP補強筋（FRPロッド材）の高速引抜成形技術を確立したことにより、従来技術よりも生産性が高く、これまで採用のハードルであったコストについても大幅に下げることが可能となった。またFRP筋のマトリクス樹脂に熱可塑性樹脂を使う事により、容易な二次加工が可能である点も従来にないメリットと言える。コンクリート構造全般に適用可能であるが、腐食しないことから、特に塩害地域や港湾等での利用が期待されている。また、非磁性の材料を用いることが要求されているリニア中央新幹線への適応も期待され実装化、量産製造にむけた開発を進めている。

また、本テーマではFRP筋の製造技術からの取り組みだけでなく、構造物として設計するための既存の設計指針等に沿ったデータの取得や実証が必要となる。最終年度の取り組みではコンクリート構造物としての試設計と実証評価を行い、既存材料と同様に設計可能となるデータを示したことは大きな成果である。

道路、橋梁等、土木構造全般へのFRP補強筋の応用を目指すことで長寿命なコンクリート構造を実現し、社会コストの低減を図り安心・安全な次世代インフラの構築に貢献することが出来る。

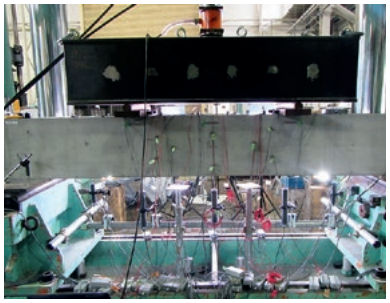




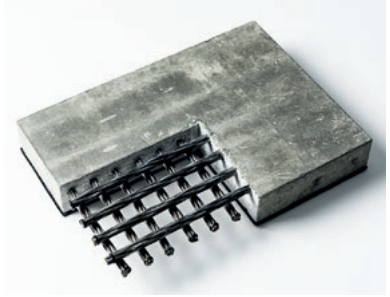




バサルト繊維／PPロッド



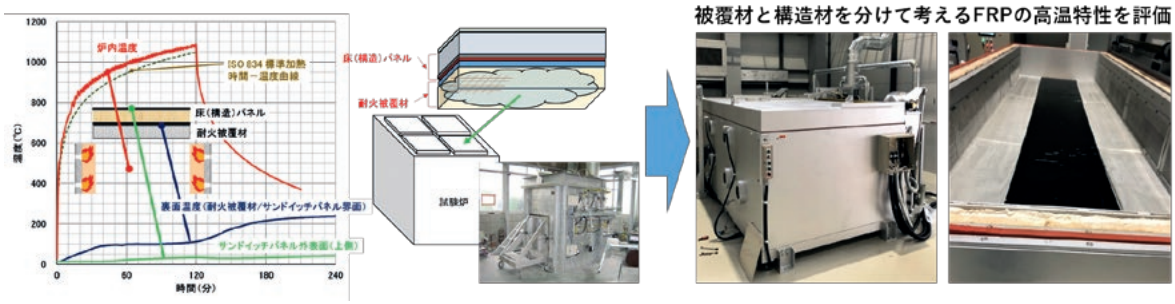
実大規模の載荷試験



FRP筋コンクリート

2. 建築向け FRP パネル

ビルや大型の建築構造物は一般的に鉄骨やコンクリートで作られているが、高層化・大型化が進む超高層ビル等においては、躯体重量の軽減も課題の一つとなっている。特に地盤の弱い臨海部等においては重量が増加することで杭打ち等の基礎工事の負担が大きくなる。また高層階での施工の軽減や地震時の揺れを軽減する点からも軽量化が求められている。建築物へのFRPの適用については、海外では主に意匠性の観点から外装等に形状の自由度の高いFRPが用いられるケースがあるが、本テーマでは床材等の荷重を支える構造部材に適用可能なFRPパネルの開発を行った。FRPを建築構造に適用する際の最大の課題は耐火性能である。火災時に一定時間荷重を支え建物が崩壊しないことが必要となる。高層建築においては建築基準法に定める2時間耐火性能が要求され、火災を想定した2時間で1,000° Cの温度で荷重を支えることが求められる。FRPは炭素繊維などの強化繊維は高耐熱だが、樹脂は一般的に耐熱性が低く、航空機等で要求される180° C耐熱が実用上の上限となっており、それ以上の温度領域での評価は行われていないのが現状である。そこで本テーマでは2時間耐火でFRPの温度を200° C程度に抑えることが可能な耐火被覆との組み合わせ構造で200° C領域でのFRPの性能評価を行った。このようなFRPの高温領域での試験はこれまで行った例が無く、また試験環境や試験方法も整備されていないことから、大型高温試験装置を開発し開発環境についても整備を行った。また、樹脂そのものの高耐熱化にも取り組み、250° C耐熱でFRPのマトリックス樹脂として適用可能なアクリル樹脂や、500° C耐熱のセミオーガニック（無機系）の樹脂についても開発を行った。

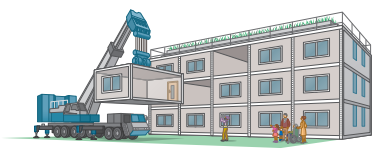


従来の耐火試験と新たに開発した大型高温試験装置

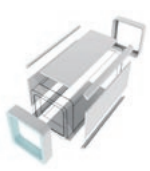
3. “Carbon CUBE”

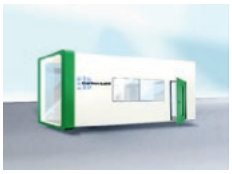
本テーマでは「都市・住宅（インフラ）分野」において、将来の社会構造の変化として少子高齢化や人口減少が進む中、建築物をスクラップ＆ビルドではない循環型社会に向けたまちづくりなどに対応する住居形態のケーススタディを行った。その結果、効率の良い住居形態、既存不適格住宅の改修やリノベーションが容易に可能なあり方、住環境の変化を最小限にする引越しの可能性、移築建築のシステム化といった課題を抽出した。それらの課題に対して、革新材料であるFRP材料の特徴を生かした住居形態や構造として、一戸建てではなく下図の様な集合住宅を基盤として、各部屋が個別に独立し、部屋単位で改造や移設（移築）が可能な住居形態である“Carbon CUBE”のコンセプト設計を行った。この集合住宅の特徴は、建築物を支えるスケルトン（構造躯体）とインフィル（住宅内装）を分離し、インフィルはユニット構造をなすため 改装や移動が可能である。

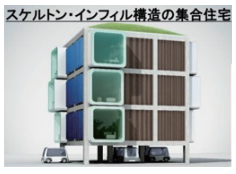
また、“Carbon CUBE”を構成する、床や壁などのFRPサンドイッチパネルの低コストな製造プロセスの開発を行い、FRPパネルの性能評価を行った。



スケルトン（構造躯体）と
インフィル（住宅内装）のユニット構造







“Carbon CUBE”

4. テンションロッド

建築土木分野に適用するロッド材として従来の金属に代わり、熱可塑エポキシ樹脂と炭素繊維を用いて、施工しやすく、軽量・高強度な、錆びない炭素繊維複合材のロッド材の開発を行った。社会実装としては文化財等の木造建築の耐震補強材としての適用開発を行い、2015年にカボコーマストランドロッドとして参画企業の小松マテーレ(株)により商品化した。2019年には炭素繊維複合材として初の耐震補強より線としてJISに制定された。また、耐震補強の他にも、軽量で温度変化による伸びが無いことから駅ホームの転落防止柵や、軽量でしなやかなことから内装材やモニュメント等、各種の用途展開が進んでいる。

また、長期の信頼性評価として、時間温度換算則による疲労寿命予測を可能にするなど、構造物マネジメント技術につながる材料の評価・分析データの蓄積を行った。





カボコーマストランドロッド



小松マテーレ(株)自社ビルの耐震補強



富岡３号倉庫の耐震補強ブレース



昇降式ホーム柵用カーボンロープ

5. 橋梁部材（PC 緊張材）

1970年代に多くが建設された国内の橋梁は建設後50年を経て老朽化し、メンテナンスや今後のリプレイスなど、社会基盤の維持コストが大きな問題となっている。橋梁のうちコンクリート橋では、塩害劣化によるＰＣ鋼材や鉄筋の腐食・破断、コンクリート片が落下する事例が多数発生しており、その対策が課題となっている。そこで、PC緊張材の代替えとして熱可塑性FRP(以下、FRTP)緊張材、および定着方法等を含む新たな施工方法の開発に取り組んだ。腐食しない長寿命なFRTP緊張材によるコンクリート構造を実現することを目指し、設計等に必要となるデータの取得、実証評価、試設計等を行った。



飛来塩分



凍結防止剤散布



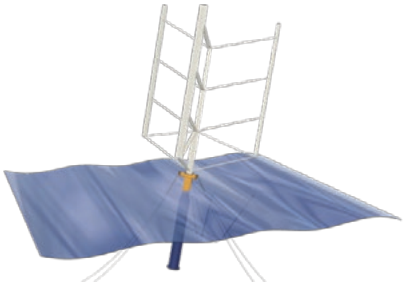
PC鋼材の腐食による損傷事例

6. 大型パネル（風力ブレード）

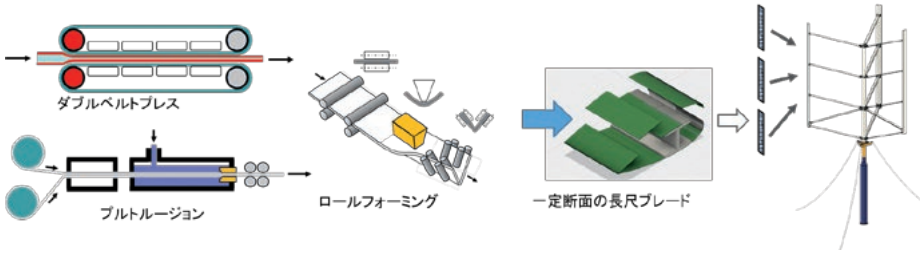
海洋インフラ分野では再生可能エネルギーを生み出す洋上風力発電が注目されている。洋上風力発電の課題の一つとしては１本の長さが100mを超える超大型のFRP製ブレードの生産性の向上と低コスト化があげられる。また日本では陸上の適地が限られ、洋上では浅瀬が少ないことから、日本の環境に適した浮体式洋上風力発電システムの開発が課題となる。これらの課題を解決し持続可能な社会の実現に貢献する技術が浮遊軸型風車（Floating Axis Wind Turbine; FAWT）である。これは浮体式の垂直軸型風車の一種であるが、円筒浮体が風車と一緒に回転する事を特徴とする。発電機等の重量物を風車の下方に搭載するため低重心であり、コンパクトで低コストの浮体式風車となる。 複合材料の製造技術として注目すべき点は、この風車ブレードが一定断面形状で、従来の3次元複雑形状の水平軸型風車ブレードと異なり、連続成形により製造プロセスの高速化と自動化が可能となる点である。これによりコスト競争力が高いブレード成形品を国内で生産する事が可能となる。

本テーマではダブルベルトプレスによる平板の連続製造技術や、プレス方式の連続成形、ロールフォーミング等の長尺部材の成形技術、連続接合技術等を組み合わせることで一定断面形状のブレードの高効率な製造プロセスを検討した。また外部資金も活用し、１MW風車の1/40スケールモデルでの水槽実験を実施し、設備費や発電単価についてもコスト試算を行った。



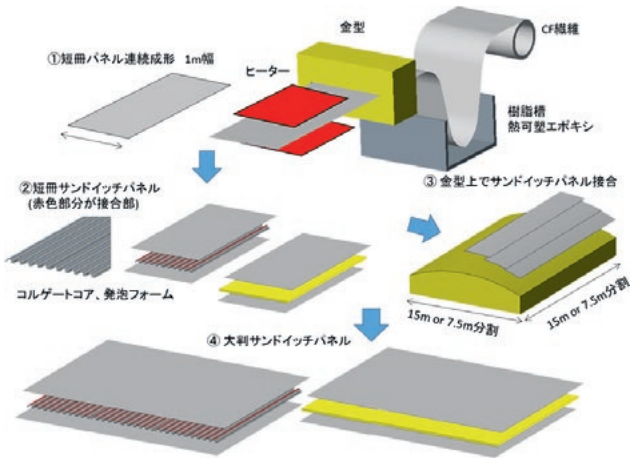


浮遊軸型風車



7. 大型パネル（硬翼帆）

FRPは軽量で腐食しない特徴から海洋構造物への適用が大きく期待されている。本テーマでは船舶から排出される温室効果ガスの大幅な削減が可能となる風力推進船の硬翼帆に搭載するFRPパネルを効率良く低コストで製造する技術の検討や、FRPパネルを搭載した硬翼帆の性能評価を行い、実船建造に向けた基礎技術の構築を行った。 大判FRPパネルの製造については、従来技術では生産性が低く高コストで、展帆時の高さが約50m、幅15mとなる大型帆の製造は製造場所確保のという課題もある。本テーマでは連続成形技術と接合技術を用いることで大型の成形金型が不要となり、省スペースでの高効率な製造が可能となる。製造コストを大幅に削減する製造プロセスについての検討を行った。



大型平板サンドイッチパネルの連続成形工程



大型貨物船に搭載する硬翼帆

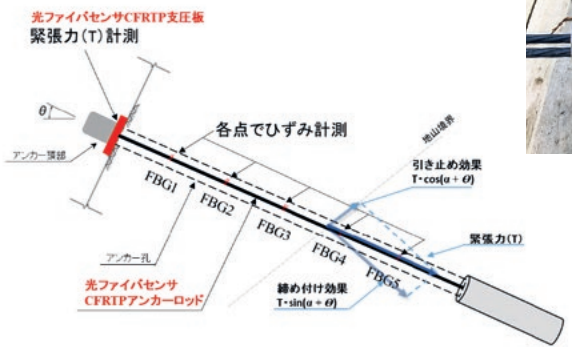
8. グラウンドアンカー

土木分野での課題として、国土の７割を山間地が占める日本では、道路や鉄道、住宅地付近でも多くの斜面・法面があり、近年増加している集中豪雨や地震等による崩壊防止の対策と維持管理がますます重要となっている。

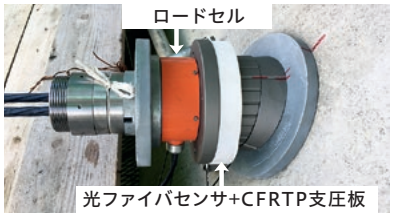
本テーマでは、斜面・法面の崩落を防止するグラウンドアンカーの支圧板にCFRPを適用することで、軽量化により斜面での作業を軽減し、腐食しないため長寿命でメンテナンスの負担を軽減することが可能となる。また複合材料と親和性が高く、長期耐久性に優れる光ファイバセンサを支圧板に埋込み、斜面全体の維持管理を可能とすることで、インフラ構造物を長期に信頼性のある永年的構造物とすることが可能になり、従来に比べ省材料、省エネルギー、さらには低炭素社会を掲げたSDGs（持続可能な開発目標）に大きく貢献できる。

支圧板に適用するCFRPは熱可塑エポキシ樹脂を含浸した炭素繊維のトウをカットした「カボコーマトウチップ」（小松マテーレ）をプレス成形することで容易に厚板の成形が可能である。ランダムな繊維配向により高い圧縮強度も得られた。さらに、地中に埋設されるアンカーロッドについてもCFRPの適用開発に取り組んでいる。

現在、光ファイバセンサを埋込んだCFRTP支圧板試験体を2018年より高速道路沿いの斜面補強工事に試験施工し、性能評価を継続している。



グラウンドアンカーシステム



試験施工したCFRTP支圧板

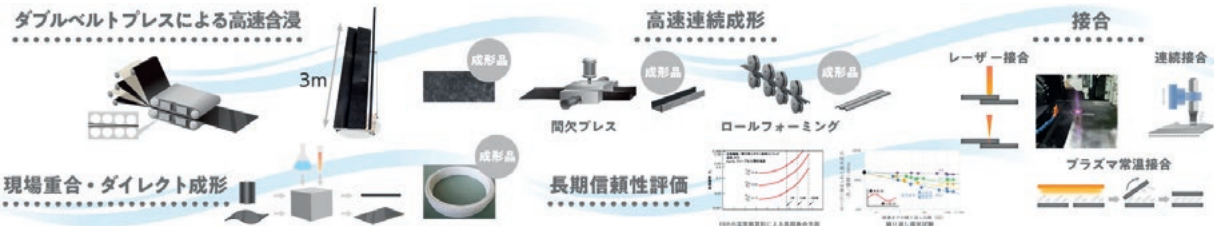


試験施工現場

革新製造技術

次世代インフラの構造材料へ適用する革新複合材料の高速・連続生産技術、加工技術を確立することにより、低コストで大量の材料・部材・構造体が供給可能となる。

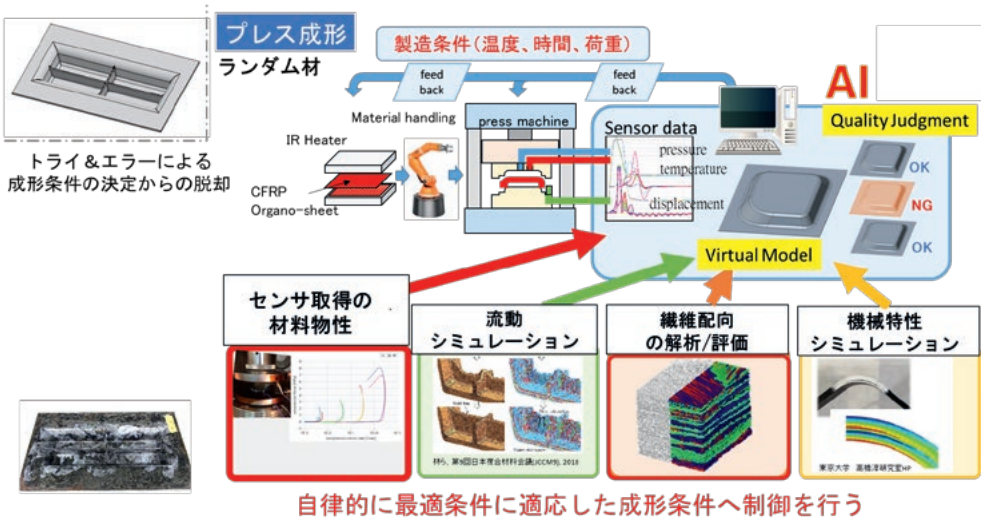
最終的な社会実装に向けたアプリケーションごとの最適な製造技術の確立に向けて、フェーズ１、フェーズ２では大型平板や長尺部材等の共通部材の製造技術、二次加工技術等を研究開発した。フェーズ３ではこれらの技術を最適に組み合わせた技術横断型のタスクチームにより社会実装を実現し、ビジョンの達成を目指した。



9. プレス成形

共通部材の成形技術では、高速成形が可能な熱可塑性樹脂をマトリックスとした材料のプレス成形が重要な技術となる。熱可塑材料のプレス成形では、材料の温度変化に伴う収縮や粘度の変化等、金属の塑性加工とは全く異なる変化を伴い、これまではトライアンドエラーで最適化が取り組まれてきた。本テーマではプレス機の動作や金型内の温度・圧力等のセンシングデータにより成形中の材料状態を推定して自律的に最適条件となる制御を行う高度化技術開発に取り組んだ。

また、コミングルや牽切紡など各種材料の成形性、機械特性の評価を行った。

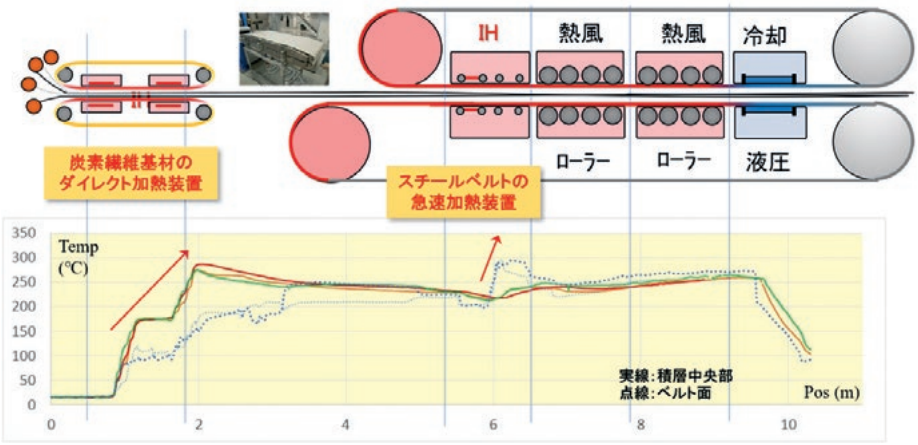


10. ダブルベルトプレス

インフラ構造物に適用する共通部材として、大型平板を低コストで大量生産するためのダブルベルトプレス（DBP）の製造技術、装置開発を行った。DBPは加圧下で加熱・冷却を連続的に行う装置で、炭素繊維等の基材に熱可塑性樹脂を溶融含浸させ、熱可塑性CFRP板を連続的に製造することが出来る。本テーマでは、DBPでの含浸メカニズムの解明によるシミュレーション技術の構築と誘導加熱（IH）を用いた革新的な装置開発によって厚肉平板の高速成形技術を確立した。

DBPの生産性の向上には、材料の加熱速度が律速であり、誘導加熱によって炭素繊維基材を熱伝達によらず直接的に急速加熱する技術を開発したことで製造速度を大きく向上させた結果、CF織物/PA6フィルムの積層基材で厚さ6mmの平板を1m/分の速度で作製することが可能となった。

また、ローラー加圧式の特長を生かすことで、液圧式のDBPでは困難な不連続材のランダム材やリサイクル材等の連続成形技術も確立した。



誘導加熱による炭素繊維基材の急速加熱装置を組み込んだ高速成形プロセス

11. 長尺構造部材

インフラ構造物に適用する共通部材として、一定断面形状の長尺構造部材の成形プロセス、製造装置の開発を行った。長尺部材の成形については、金型によるプレス成形の場合、プレス装置や金型が大型化し設備費用が高額となり適さない。そこで本テーマでは熱可塑性樹脂の特徴を生かした連続成形による生産性向上・低コスト化を目的として、主にプレス方式の連続成形プロセス、ロールフォーミングプロセス、曲げ加工プロセスの３種のプロセスの開発を行った。

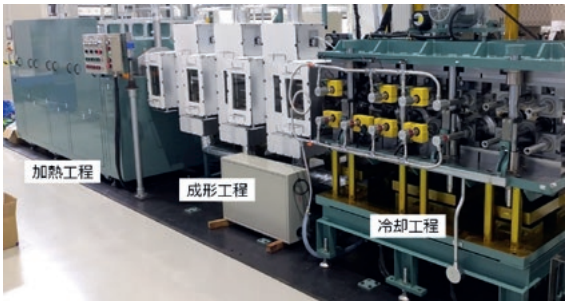
（1）プレス方式の連続成形プロセスは、熱可塑性樹脂が含浸したUD材をクリール部から送り出し、プリフォーム部での加熱、プレス成形部での加圧、冷却を繰り返し行うことで長尺材を成形するプロセスである。クリール部で20錘のクリールすべてを張力制御することで高い品質、強度が得られた。

（2）ロールフォーミングプロセスは複数のロール間に板材を通過させながら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備えている。材料の「加熱工程」、複数段の成形ロールを通過させ賦形を行う「成形工程」、冷却ロールにより冷却固化し形状を固定させる「冷却工程」を連続的に備えた装置を開発し、従来の引抜き成形では達成困難な5m/minの高速成形を達成した。

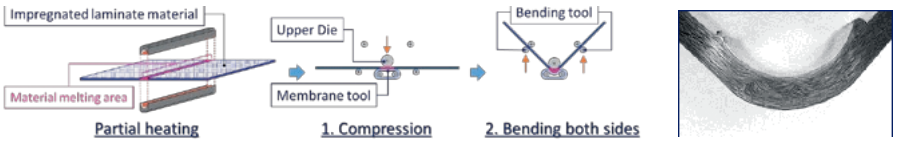
（3）曲げ加工プロセスでは、平板からL型材などを加工する際に、加工したい部分のみ加熱することで、不要な加熱を無くし、簡便な装置で加工が可能となる部分曲げプロセスの開発を行った。その際に課題となる曲げ加工部の内外周長差による繊維のシワについて、シワ形成の抑制および制御が可能な多段モーションを考案し、シワの機械特性に及ぼす影響を評価し、最適な加工プロセスを実証した。



連続成形プロセス



ロールフォーミングプロセス



曲げ加工プロセス

12. 中空部材

インフラ構造物に適用する共通部材として、本テーマでは製紐技術と現場重合型樹脂を用いた中空閉断面部材の引抜成形プロセスの開発に取り組んだ。現場重合型の樹脂として熱可塑エポキシ樹脂を使い、引抜成形における重合温度、冷却温度の最適化を図り、現場重合引抜成形技術の確立に取り組んだ。また、熱可塑エポキシ樹脂を用いることで2次加工が可能であり、現場での簡便な装置での曲げ加工を想定し、試作評価を行った。



コミングル糸による組紐　熱可塑性CFRP中空部材成形　加熱による熱可塑性CFRP中空部材の曲げ加工

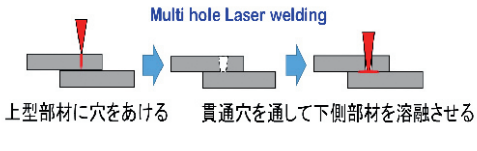
13. 接合技術

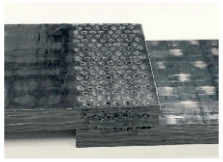
大型平板や長尺構造材といった単純な形状の共通部材をインフラ構造物に適用するためにはそれらを効率的に接合する技術が必要となる。本テーマでは、熱可塑性樹脂の特長を生かした低コスト&ハイレートな接合技術の実現に取り組んだ。接合を行うための加熱手段として「電磁誘導」「超音波」「レーザ」を用いた溶着と、化学的な接合により材料の溶融を伴わない「プラズマ」接合を検討した。

(1)電磁誘導接合は、導電性のある炭素繊維を発熱体として樹脂を溶融させ接合する技術として実用化されているが、繊維配向により発熱特性が異なることや、被着体全体を溶融させてしまうデメリットもある。本テーマでは炭素繊維より加熱効率が高い金属メッシュを接合面にインサートする事で接合面を高速に加熱溶融させる方法について性能評価を行った。また金属との接合では、金属側に突起を施しグリップ形状にして、溶融したCFRP内にグリップ部を嵌合させることで、さらに高強度の接合力を得ることができた。

(2)超音波接合は、超音波の振動により接合界面に発生する摩擦熱により溶接する接合技術である。本技術は、接合面のみを効率的に加熱し数秒で溶融することが可能なことから高速の連続式移動接合が期待できる。しかしながら、厚肉部材では、超音波振動の減衰が生じることと接合面同士の接触状態の僅かな差異により摩擦熱の発生量が大きく変化することから、溶接プロセスの品質管理が困難なことが実用化に対する課題である。そこで、本テーマでは、加振ホーンの振動条件や加圧力・印加時間等、様々な条件による接合プロセスの挙動を分析した結果、接合部の加圧力が溶融加熱の品質管理と接合強度に大きな影響を与える結果が得られた。

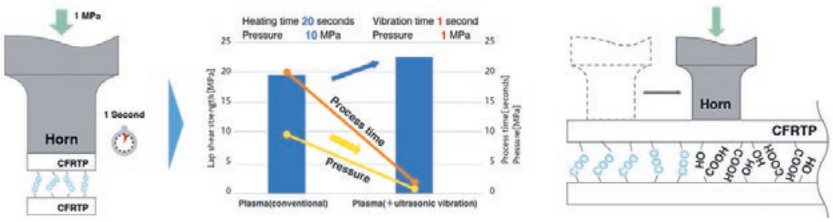
(3)レーザ光は高いエネルギー密度と高速高精度な出力制御が可能なことから、溶着の熱源として利用することが期待される。しかしながら、光を透過しないCFRP部材、特に本テーマが目指す大型厚肉部材においては、重ねた部材同士の接合面を直接加熱できない事から何らかの工夫が必要となる。そこで、本テーマでは、2段階プロセスの接合技術と突き合わせ接合技術を開発した。2段階プロセスでは1段階目に高い集光レーザ光により上側の部材のみを穿孔した後、2段目にレーザ光のモードを変更して下側部材へ照射することで、接合面を溶融させ溶着させる方法を実証した。本プロセスでは45穴の穿孔と溶着を10数秒で完了し、接合面当たりの接合強度20MPaを達成した(CF/PA材)。





レーザ接合技術

(4)プラズマ接合では、新規プラズマ照射技術により、高密度で長寿命の官能基を生成し、活性化された官能基間の反応を利用して熱可塑性材料を溶融せずに接合することを目標に、そのメカニズムの解明と実用化の検討に取り組んだ。この官能基により、適切な加熱/加圧条件下でCFRP同士を高い強度で接合することが出来た。また、照射面に高密度に官能基を生成していることから長寿命な官能状態の維持が可能なことも確認された。



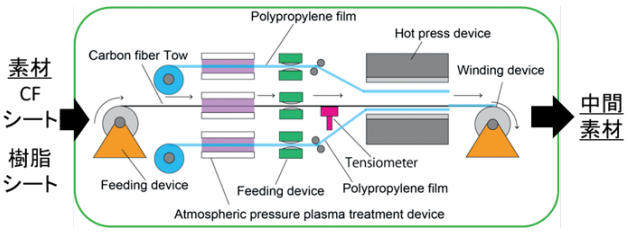
プラズマ接合技術

14. 界面

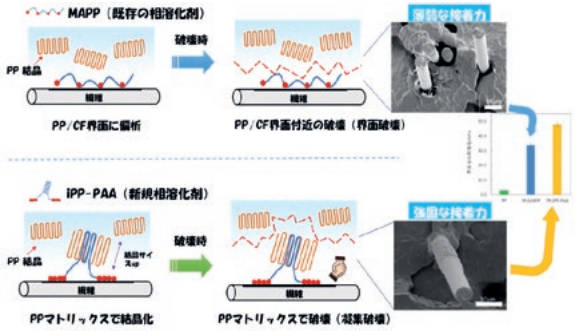
強化繊維とマトリックス樹脂からなる複合材料では繊維と樹脂の界面の接着性が機械特性に大きな影響を及ぼす。本テーマでは特に接着性の低いポリプロピレン(PP)と炭素繊維の界面に接着性を向上させる方法として、大気圧プラズマにより炭素繊維／PPに官能基を付与し、最適な界面特性となる中間材料の製造プロセス・装置開発とPPに添加する炭素繊維との接着性を向上させる新規相溶化剤の開発を行った。

(1)大気圧プラズマによる界面特性の向上については、小型モデル装置を用いて、PPの素材特性を低下させることなくCF/PP界面引張強度を改善可能な処理条件の存在範囲を探索・特定した。また、CFに対しても大気圧プラズマ処理条件がCF表面性状・ぬれ性に及ぼす影響を明らかにするとともに、CF束を劣化させない範囲でCF/PP界面引張強度を向上させることが可能な処理条件の存在範囲を探索し、CF/PP繊維直角方向引張強度約20[MPa]を達成した。

(2)新規相溶化剤として開発したiPP-PAA(アイソタクチックポリプロピレンポリアクリル酸共重合体)は、PPマトリックス内の結晶と結合して結晶性が向上し、かつ炭素繊維と樹脂間が面で結合するため、接着力が強く、優れた機械的特性(高比強度、高比弾性率)が得られた。令和3年に特許登録が完了し、共同開発者の株式会社三栄興業から商品化されている。



高性能熱可塑CFRP中間素材量産システム



iPP-PAAの炭素繊維複合材料への効果

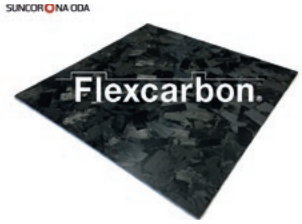
革新材料

次世代インフラの可能性をさらに広げるため、高い力学特性と複雑形状の賦形性を両立する中間基材や、環境負荷の低いバイオマス由来材料、建築部材に適用可能な超耐熱樹脂、大型構造物をさらに軽くできる超軽量繊維等の革新材料の開発に取り組んだ。

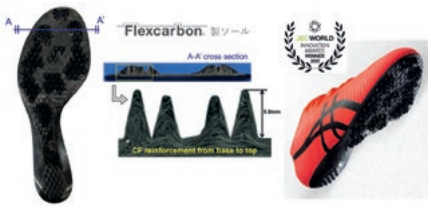
15. ランダムシート

熱可塑性CFRPの中間基材として、炭素繊維チョップドテープを散布したランダムシートの開発を行った。開繊した炭素繊維テープに熱可塑エポキシ樹脂を含浸することでボイドの無いテープ基材を作成し、その後カット、均一散布するプロセスにより機械特性と成形性を両立するランダムシートを実現した。参画企業のサンコロナ小田(株)より2017年に「Flexcarbon」として商品化された。

また連携プロジェクトとして用途展開を進め(株)アシックスの陸上スプリントシューズ(ピンなしスパイク)「METASPRINT」の靴底や、アルケリス(株)の労働補助装具「アルケリスFX」のスネモモ部品への採用が進んだ。



サンコロナ小田(株)から商品化されたランダムシート
「Flexcarbon®(フレックスカーボン)」



㈱アシックスの陸上スプリントシューズ
「METASPRINT」の靴底に使用

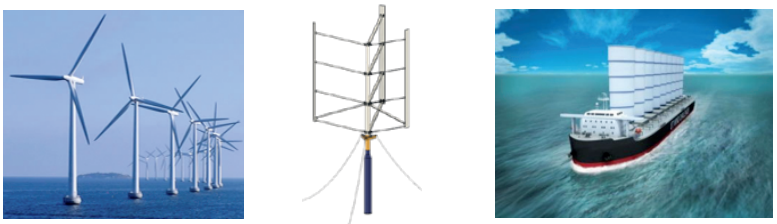


アルケリス(株)の労働補助装具
「アルケリスFX」

16.PVA 高強度繊維

複合材料を幅広く社会に普及し持続可能な社会を構築するための基盤技術としては高い性能でかつ低コストな素材が必要となる。複合材料の性能を決める重要な素材である強化繊維については、炭素繊維は高い機械特性を持つが価格が高いため航空機等の一部の適用に限られる。またFRPの約9割に使用されるガラス繊維は低コストであるが軽量効果が小さいデメリットがある。

本テーマではポリビニルアルコール（PVA）樹脂をベースに、ガラス繊維と同等以上の強度、弾性率を持ち、かつ比重が炭素繊維よりも低い、低価格な強化繊維を目標とした開発を行った。



洋上風力発電ブレードや風力推進船硬翼帆への適用をターゲットにしたPVA高強度繊維の開発

17. バイオマス由来樹脂

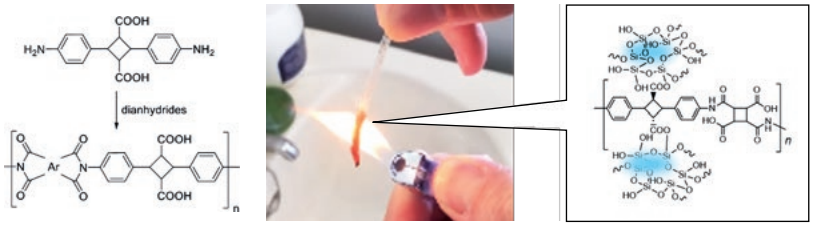
持続可能な社会の構築に向けて、材料分野においては石油由来の材料から低環境負荷、カーボンニュートラルな自然由来材料への転換が求められている。本テーマでは、パルプを原料としてイオン液体により最適に設計したセルロース樹脂の大量生産を可能とする生産プロセスを開発した。さらに、セルロース樹脂由来のFRTPペレットを開発し、PPおよびPA由来のFRTPペレットを代替する製品の開発に取り組んだ。



パルプを原料としたセルロース樹脂の開発

18. 超耐熱樹脂

建築分野等に複合材料を適用する際に課題となる耐熱性について、熱分解温度が400℃を超えるバイオ由来ポリマーの開発を行った。一般的にバイオ由来製品というと高価だというイメージがあるが、機能性が高いポリマーでは石油由来よりもむしろ安価となる。本テーマでは、高耐熱（420° Cの熱分解温度）かつ透明（透過率80%以上）な樹脂を得ることに成功した。また、ナノシリカとの複合化により燃焼時のアンチドロップ性が付与されたことから、高耐熱有機ガラスへの応用が期待されている。



シリカ複合難燃性ポリイミド

19. リサイクル

複合材料は軽量高強度で長寿命なことからインフラ構造材料への適用が期待されるが、同時に廃棄時の環境への配慮や材料が高価であることから、リサイクル、リユースする技術を確立することが必須である。本テーマではウォータージェット／MB（マイクロバブル）による炭素繊維の分離・回収技術とPA（ナイロン）の酵素や菌による分解技術についての検討を行った。

Ⅲ　拠点活動の実績

金沢工業大学COI拠点での特許関連、広報関連の実績をまとめたものを下表に示す。

		FY2013	FY2014	FY2015	FY2016	FY2017	FY2018	FY2019	FY2020	FY2021*	合 計
特許関連	出　　願	0	3	11	6	10	10	17	11	7	75
	登　　録	0	0	0	0	0	3	4	5	1	13
広報関連	プレス発表	0	0	2	1	7	0	9	11	0	30
	学 会 発 表	18	106	168	142	152	135	101	39	37	898
	論 文 発 表	16	70	44	46	50	47	28	51	21	373
	展 示 会 他	2	8	16	16	13	19	17	11	5	107
合　計		36	187	241	211	232	214	176	128	71	1496

（2022.2.15現在）

成果の発信

プレス発表（抜粋）

H28　善光寺経蔵の保存修理工事完成を発表



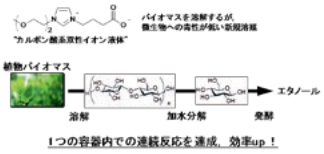
小松精練(株)

H29　小松精練『カボコーマ・ストランドロッド』を活用した事業戦略を発表



小松精練(株)

H29　世界で最も微生物細胞に優しいバイオマス溶媒を開発
－次世代バイオエタノールの効率生産に道筋－



金沢大学

H29　ICCと台湾Plastics Industry Development Centerが協力協定を締結



金沢工業大学

H29　世界最大の複合材料展示会「JEC World 2018」-「建築・インフラ部門」にて炭素繊維複合材料『カボコーマ・ストランドロッド』が"JEC Innovation Awards"を日本企業初受賞



小松精練(株)、
ナガセケムテックス(株)、
金沢工業大学

R1　Electron beam strengthens recyclable nanocomposite



金沢大学

R1　学生のSAARIさんがNovel Trends in Rheology VIII（NTR VIII）においてBest Poster Awardを受賞



北陸先端科学技術大学院大学

R1　ICCが参画する硬翼帆式風力推進大型商船「ウィンドチャレンジャー」プロジェクトが設計基本承認
－「帆」をもつ大型商船実現で温室効果ガス削減を狙う－



金沢工業大学

R1　学生の舟橋さんが令和元年度International Workshop on Japan-South-East Asia Collaboration Hub of Bioplastics StudyにてBEST POSTER AWARDを受賞



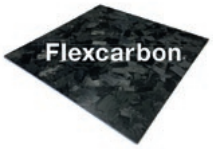
北陸先端科学技術大学院大学

R1　ICCと小松マテーレ株式会社が共同開発した炭素繊維複合材が耐震補強材として日本初のJIS（日本産業規格）制定
－インフラへの社会実装に弾み－



金沢工業大学

R1　ICCのシーズ技術を活用したサンコロナ小田株式会社の「ハイサイクル成形用ＣＦＲＴＰシートの量産プラント」事業が科学技術振興機構の「研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム」に採択



金沢工業大学

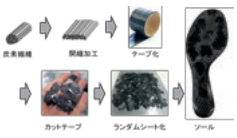
R2　ICCが経済産業省「地域オープンイノベーション拠点選抜制度」初回採択9拠点の一つに選抜



金沢工業大学

R2　ICCが連携パートナーとして参画したアシックス社の技術が世界の複合材料業界で注目される「JEC Innovation Awards 2020」スポーツ・ヘルスケア部門で最優秀賞を受賞





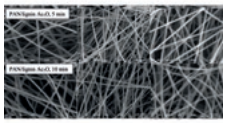
金沢工業大学

R2　工場での立ち作業負担を軽減するアシストスーツ「アルケリスFX」を開発
－大和ハウス工業の全国９工場に３７台導入－



アルケリス（株）、サンコロナ小田（株）、大和ハウス工業（株）

R2　アセチル化を施したクラフトリグニンから成る高引張強度性カーボンナノ繊維の生成に成功



金沢大学

R2	株式会社ダイセルと「新産学協働研究所（仮称）」整備等に関する覚書を締結		金沢大学
R2	ICCと企業の共同研究により開発したプレス成形用炭素繊維複合材料シートを適用した"アシストスーツ"と"ピンなしスパイク"が相次いで受賞		金沢工業大学

その他（雑誌・新聞掲載、放映等　抜粋）

H26	4月	【街明かり】炭素繊維の新素材開発始める～鵜澤潔教授～	北國新聞
H26	6月	炭素繊維複合材料（ＣＦＲＰ）量産化へ照準	建設工業
H27	4月	インフラを見守る技術　構造物の長寿命化に向けて	ガリレオX（BSフジ）
H27	8月	先端技術で創る　炭素繊維複合材　金沢工大（石川）	日経新聞
H27	12月	北陸東海が連携し世界に対抗　炭素繊維　研究から生産の一大拠点に	みんなのニュース（石川テレビ）
H27	2月	炭素繊維実用化に向けた取り組み	となりのテレ金ちゃん（テレビ金沢）
H28	7月	ワールドビジネスサテライト「ニッポンの素材力」	テレビ東京
H28	9月	Moulding the future of 21stcentury materials	nature
H28	12月	稼げる大学が生き残る	AERA
H28	12月	独との技術交流支援　石川の炭素繊維拡販	Liberty
H29	4月	特集　夢の新材料　Part1　汎用材・鉄への挑戦状	日経コンストラクション
H29	11月	世界を動かす100の技術	日経BP社
H29	12月	新素材_ハイテク素材で高まる自由度_CFRPJIS化で建材利用の普及に弾み	日経アーキテクチュア
H29	2月	「富岡倉庫」耐震工事に炭素繊維	NHK
H30	5月	未来の社会インフラを軽くて強い炭素繊維複合材料でつくる	JSTnews
H30	9月	News Close up　CFRPの耐震補強材で初JIS化 海外市場も見据え炭素繊維強化プラスチックに期待	日経アーキテクチュア
H30	11月	CFRPは次世代インフラ基盤素材となれるのか	月刊コンクリートテクノ
H30	2月	Tomorrow by Japan	ディスカバリーチャンネル
R1	11月	海上輸送に帆船復活へ　金沢工大も計画参加	朝日新聞
R1	12月	【社説】炭素繊維複合材で初の耐震補強認定	化学工業日報
R1	3月	特集　設計者がザワつく驚異の建築材料　炭素繊維が工法を革新する	日経アーキテクチュア
R2	6月	HABスーパーＪチャンネル ゆうどきLive「開発“ピンなし”シューズ革命」	HAB北陸朝日放送
R2	2月	TECHNOLOGY inside the lab　ICC: an open-research innovation platform for composites	JEC Composites Magazine
R2	2月	複雑形状の成形で新たな靴材に	繊研新聞
R3	7月	材料試験から試作成形まで　CFRP開発を一貫で	化学工業日報
R3	10月	市場拡大へ連携重要　建設分野のFRP活用－鵜澤潔所長－	日刊建設通信新聞
R3	1月	炭素繊維で「脱炭素」	北國新聞

アウトリーチ活動

出展・展示、成果発信イベント開催等（抜粋）

H25　2014.3.11-13
JEC World 2014（フランス・パリ）
ブース出展、フランス産業クラスターとの協力協定の締結



H26　2015.2.23
Matching HUB Kanazawa 2015（金沢市）
ブース出展、分科会の開催



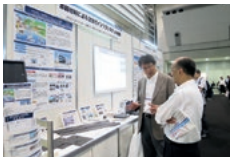
H26　2015.3.10-12
JEC World 2015　（フランス・パリ）
ジャパンブースにて出展



H26　2015.3.26　COIシンポジウム
「土木分野におけるFRPの現状と、革新材料に対する期待」
（白山市）



H27　2015.8.27-28
JSTフェア2015（東京都）
COIゾーンでの成果展示、セミナー発表



H27　2015.9.4
土木分野への革新材料実装研究会（野々市市）
意見交換会の開催、ブース展示、ポスター紹介



H27　2015.10.13
CFK-Valley技術交流会（ドイツ・シュターデ）
技術交流会の開催、ドイツ産業クラスターとの協力協定の締結





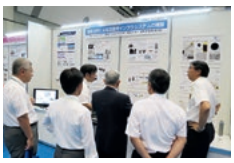
H27　2015.12.10-11
東海・北陸連携コンポジットハイウェイコンベンション2015（金沢市）
講演会の開催、ブース出展




H27　2016.2.29
洋上風力発電システムへの複合材料利用技術シンポジウム（白山市）
技術紹介、パネルディスカッション



H28　2016.8.25-26
JSTフェア2016（東京都）
ブース出展



H28　2016.9.26
先進成形技術見学会（白山市）
講演会の開催、技術紹介、成形デモの実施



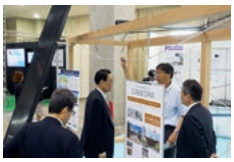

H28　2016.11.1-2
Matching HUB　2016（金沢市）
ブース出展、テクニカルセッション「金沢工業大学 COI STREAM 革新材料による次世代インフラシステムの構築」の実施




H28　2017.2.20
先端複合材料公開シンポジウム（白山市）
技術紹介



H29　2017.8.31-9.1
JSTフェア2017（東京都）
COIゾーンでの成果展示



H29　2017.10.24-28
IPF JAPAN 2017（国際プラスチックフェア）（千葉市）
企画展示コーナー（コンポジットの現在と未来）での展示



H29　2017.11.27
RIT/ICC Japan-Germany Networking Forum（白山市）
フォーラムの実施、成果発表、日独技術紹介




H30　2018.4.2-5.14
文部科学省エントランス 企画展示「革新材料による次世代インフラシステムの構築（金沢工業大学COI拠点）」（東京都）
企画展示、セミナー開催





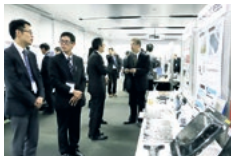
H30　2018.10.10
金沢工業大学COI　中間成果報告会（東京都）
報告会の実施、成果の発表・展示




H30　2018.11.28
石川県次世代産業育成講座「先進ドライファイバー成形技術」～航空機レベルの炭素繊維複合材量を目指して～（白山市）
講義・実演（デモ）の実施



H30　2018.12.20
コンポジットハイウェイコンベンション2018（名古屋市）
講演会の開催、ブース展示

H30　2019.2.18-5.19
日本科学未来館 企画展「工事中！」（東京都）
技術紹介




H30　2019.3.12-14
JEC World 2019（フランス・パリ）
共同ブース出展、韓国複合材機関との協力協定の締結





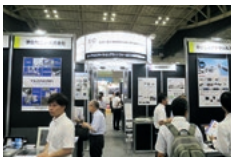
R1　2019.5.29
ドイツ・炭素繊維複合材料関連機関とのネットワーキングセミナー（白山市）
セミナーの実施、成果発表、日独技術紹介、次世代インフラシステムの構築」の実施



R1　2019.7.26　第4回金沢工業大学革新複合材料研究開発センター（ICC）合同講演会（白山市）
講演会の開催、成果発表、適用事例紹介



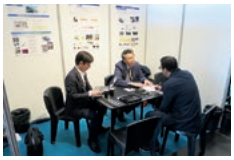
R1　2019.9.4-6
SAMPE JAPAN 先端材料技術展2019（横浜市）
共同ブース出展



R1　2019.11.8
ほくりくコンポジットカンファレンス（金沢市）
講演会の開催、パネル展示




R1　2019.11.13-14
Composites Meeting 2019（フランス・ナント）
ジャパンブースにてポスター展示



R2　2020.9.28-11.30
イノベーション・ジャパン2020～大学見本市online
COIプログラムページでの成果展示



R2　2020.10.13-15
ITHEC2020 Virtual Edition
ブース出展、セミナーの実施



R2　2020.10.14、10.16、11.10
CFRP技術動向セミナー3回シリーズ（オンライン）
成果発表、活動紹介



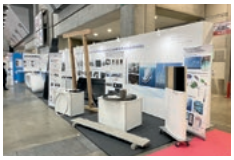
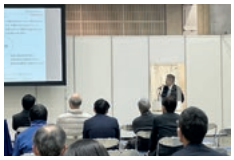
R3　2021.10.6
第2回ほくりくコンポジットカンファレンス（オンライン）
活動紹介



R3　2021.11.10-12.24
金沢工業大学COI　最終成果報告会　安心・安全な社会を築く革新複合材料2021（オンライン）
報告会の実施、成果発表、拠点ツアー（ライブ発信）の実施



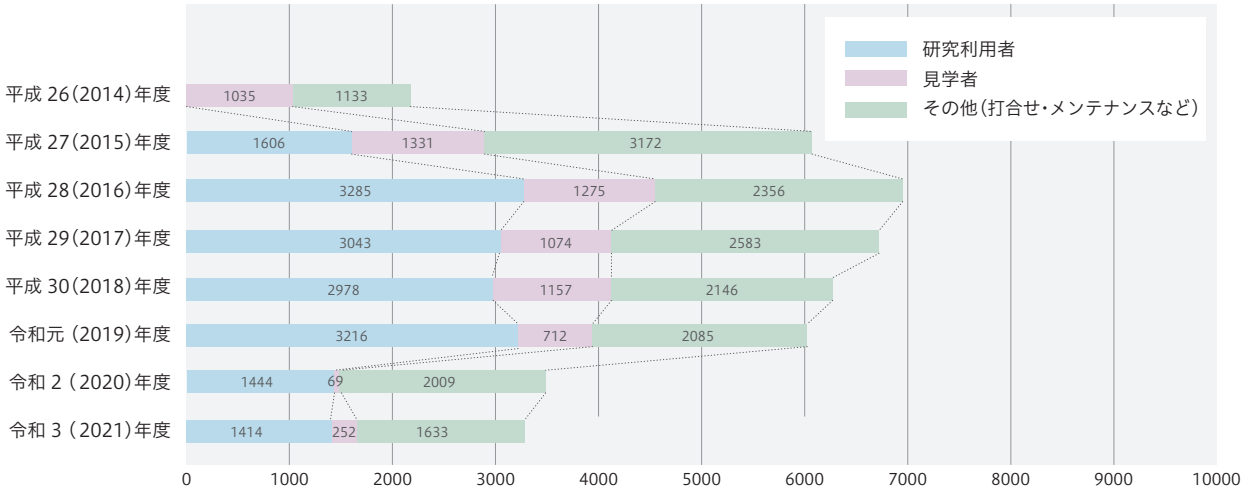

R3　2021.12.1-3
SAMPE JAPAN 先端材料技術展2021（東京都）
ブース出展、セミナー発表

見学・来訪

来所者推移

※平成26年度はその他に研究利用者を含む



フェーズ1（2013.11～2016.3）は文部科学省・経済産業省などの省庁やCOIの他拠点、自治体・工業会からの来訪者が多く、フェーズ2（2016.4～2019.3）では海外の産業クラスタ・大学等の来所が30件と急増し、民間企業の来所も増加した。フェーズ3（2019.4～2022.3）も、海外の産業クラスタの来所があり、国内外から多くの企業の来所があったが、2020年以降は、コロナ禍における金沢工業大学の活動制限指針により来所制限がかかった。

本拠点の中心実施場所のICCでは他大学・民間企業から年間延べ3000人の来所があり、多くの研究者に利用されている。

拠点訪問者（抜粋）

H26	2014.8.20	信州大学COI
	2014.8.21	山形大学COI
	2014.9.9	COI STREAMガバニング委員会　小宮山委員長
	2014.9.23	フランスEMC2（仏）
	2014.11.10	CFK-Valley（独）　*H30再訪
	2014.11.22	日本経済団体連合会
	2014.12.5	文部科学省　科学技術・学術政策局長
	2015.1.21	内閣官房、石川県産業政策課
	2015.2.27	九州大学COI
H27	2015.6.18	石川県立工業高等学校
	2015.6.20	文部科学省高等教育局私学部　参事官
	2015.7.28	岡山県産業振興財団
	2015.8.24	北陸鉄工協同組合
	2015.10.7	中国地域産業技術連携推進会議
	2015.10.14	訪日台湾代表団台湾複合材料協会
	2015.11.5	経済同友会イノベーション・エコシステム委員会
	2015.11.13	経済産業省大臣官房　審議官
	2015.11.16	中部経済産業局長
	2015.11.17	西安交通大学（中）
	2015.12.3	内閣府　副大臣


小宮山委員長


科学技術・学術政策局長


石川県立工業高等学校


内閣府副大臣

H27	2016.1.19	文部科学省　副大臣
	2016.2.3	産業技術総合研究所　最高顧問
	2016.2.5	文部科学省　科学技術・学術政策局長
	2016.2.22	英国総領事館


英国総領事館

H28	2016.4.22	内閣府合科学技術・イノベーション会議　議員
	2016.7.13	金沢市企業立地課
	2016.7.28	北海道立総合研究機構工業試験場
	2016.9.23	文部科学省大臣官房政策課　評価室長
	2016.9.26	先進成形技術見学会（東日本FRP工業会）
	2016.10.4	文部科学省　地域支援企画官
	2016.10.6	東京大学COI
	2016.11.7	日本建築学会
	2016.11.11	全国地域技術センター連絡協議会
	2016.11.17	チョンブク大学（韓）
	2016.12.19	PIDC（台）　*H29再訪、H30再々訪
	2017.1.16	中部航空宇宙産業技術センター
	2017.2.1	四国経済産業局、四国産業・技術振興センター
	2017.3.28	富山県アルミ産業協会


大臣官房政策課評価室長


東京大学COI


全国地域技術センター連絡協議会

H29	2017.4.4	JEC Group　Media Director（仏）　*H30再訪
	2017.5.10	ドイツ航空宇宙センター（DLR）（独）　*11.22再訪、H30再々訪
	2017.5.10	農業技術革新工学研究センター
	2017.8.30	広島県福山市長
	2017.8.30	シンガポール理工学院
	2017.10.4	プラスチック成形加工学会新加工技術専門委員会
	2017.10.13	HANKUK CARBON（韓）　*H30再訪
	2017.10.26	室蘭工業大学大学院
	2017.11.15	金沢西高等学校
	2017.11.21	Kolon plastics、Kolon Glotech（韓）
	2017.12.5	広島県、広島大学COI
	2017.12.15	慶應義塾大学COI
	2018.1.16	Magna International（米）
	2018.3.7	リサイクル技術分科会
	2018.3.16	研究産業・産業技術振興協会

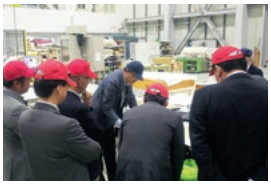

シンガポール理工学院

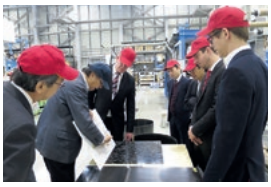

金沢西高等学校


リサイクル技術分科会

H30	2018.4.16	AFOSR（米）
	2018.7.6	機能性フィルム研究会
	2018.7.26	素形材センター、RIMCOF
	2018.7.30	山形大学COI
	2018.10.23	KCTECH（韓）
	2018.11.6	塑性加工学会
	2018.11.7	豊田中央研究所
	2018.11.30	北陸産業活性化フォーラム
	2018.12.7	CFK-Valley、CTC（独）
	2019.1.10	文部科学省　地域支援室長
	2019.1.15	車軽量化日中会
	2019.1.29	防衛装備庁
	2019.3.8	日本非破壊検査協会
	2019.3.19	王立工科大学（典）
	2019.3.22	静岡大学COI


機能性フィルム研究会


塑性加工学会


CFK-Valley、CTC

R1	2019.4.10	能勢建築構造研究所
	2019.6.6	中部経済産業局　製造産業課長
	2019.7.9	中部経済産業局自動車関連産業室
	2019.7.10	静岡理工科大学
	2019.7.25	Engenuity（英）、GSIクレオス
	2019.7.31	空軍科学技術局（米）
	2019.8.29	文部科学省　審議官
	2019.8.29	サザンクイーンズランド大学（豪）
	2019.8.30	日本機械工業連合会
	2019.9.6	英国総領事、Coriolis（英）、伊藤忠マシンテクノス、東レエンジニアリング
	2019.9.28	理科学研究所
	2019.10.4	経済産業省航空機武器宇宙産業課
	2019.11.1	芙蓉研究開発懇談会効率化分科会
	2019.11.27	CU（独）、JEC Group（仏）
	2019.12.11	アクロン大学（米）
	2019.12.20	高分子学会グリーンケミストリー研究会
	2020.1.7	経済産業省大学連携推進室


文部科学省審議官


日本機械工業連合会


英国総領事

R2	2020.11.20	天龍エアロコンポーネント、各務原市
	2021.1.21	国土交通省北陸地方整備局　企画部長

R3	2021.4.21	中部経済産業局
	2021.11.12	経済産業省、中部経済産業局
	2021.12.20	商船三井


経済産業省、中部経済産業局

掲載論文リスト

平成25(2013)年度

奥出信博, 塩谷智基, 桃木昌平, 小林義和, “繊維補強コンクリートの曲げ試験におけるAEトモグラフィの解析”, 第19回AE総合コンファレンス論文集, 19, 65-68, 2013. 評 イ

高田雄大, 塩谷智基, 大津宏康, 渡辺健, “弾性波の距離減衰と周波数特性を考慮した損傷評価指標に関する研究”, 第19回AE総合コンファレンス論文集, 19, 101-104, 2013. 評 イ

大澤智, 塩谷智基, 桃木昌平, 小林義和, “インフラアセットモニタリングのためのAEトモグラフィの開発 -その2 交通荷重AEの適用-”, 第19回AE総合コンファレンス論文集, 19, 61-64, 2013. 評 イ

桃木昌平, 小林義和, 塩谷智基, “インフラアセットモニタリングのためのAEトモグラフィの開発-その1 アルゴリズム構築-”, 第19回AE総合コンファレンス論文集, 19, 57-60, 2013. 評 イ

Qingxin Zhang, Haitong Sheng, Xuegang Peng, Hui Guo, Xiaoyan Yu, 内藤公喜, Xiongwei Qu, “Synthesis of high performance bisphthalonitrile resins cured with self-catalyzed 4-aminophenoxy phthalonitrile”, Thermochim. Acta, 577, 48-24, https://doi.org/10.1016/j.tca.2013.12.010, 査読有, 2014. 材

Wang, Q., Kishimoto, S., Tsuda, H., “Formation of Three-Way Scanning Electron Microscope Moiré on Micro/Nanostructures”, The Scientific World Journal, 2014, 1-8, https://doi.org/10.1155/2014/281954, 査読有, 2014. 評

Tetsuyou Watanabe, Takanobu Iwai, Yoshinori Fujihira, Lina Wakako, Hiroyuki Kagawa and Takeshi Yoneyama , “Force Sensor Attachable to Thin Fiberscopes/Endoscopes Utilizing High Elasticity Fabric”, Sensors, 14, 3, 5207-5220, https://doi.org/10.3390/s140305207, 査読有, 2014. 材 評

内藤公喜, “Effect of strain rate on tensile properties of carbon fiber epoxy-impregnated bundle composite”, Journal of Materials Engineering and Performance, 2, 708-714, https://doi.org/10.1007/s11665-013-0823-5, 査読有, 2014. 材 評

平成26(2014)年度

Qingxin Zhang, Fenghua Zhao, Ruojin Liu, Chao Kang, Xiaoyan Yu, 内藤公喜, Xiongwei Qu, “A novel high-temperature naphthyl-based phthalonitrile polymer: synthesis and properties”, RSC Advances, 4, 16, 8383-8390, https://doi.org/10.1039/C3RA46638H, 査読有, 2014. 材

Motoaki Sano, Akiko Kobayashi, Shinichi Ohashi, “Characterization of the palI Gene of Aspergillus oryzae”, Food Science and Technology Research, 20, 1, 155-159, https://doi.org/10.3136/fstr.20.155, 査読有, 2014. 材

Kazuaki Ninomiya, Ryuji Yamada, Hitomi Meisaku, Nobuaki Shimizu, “Effect of ultrasound irradiation on bacterial internalization and bacteria-mediated gene transfer to cancer cells”, Ultrasonics Sonochemistry, 21, 3, 1187-1193, https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.12.005, 査読有, 2014. 材

Akihiro Kaneko, Motoaki Sano, Sinichi Ohashi, Kenji Ozeki, “Specific gene expression analysis in Aspergillus oryzae grown in wheat bran without starch”, Journal of Macromolecules, 14, 1, 15-26, 査読有, 2014. 材

T. Kaneko, H. Shin, S. Tateyama, “Synthesis of Photo-degradable Polyamide Rotaxanes with Cinnamate Photodimer and Cyclodextrin”, J Mater. Life Soc, 26, 2, 25-31, 査読有, 2014. 材

Raluca M. Musat, Takafumi Kondoh, Yoichi Yoshida, Kenji Takahashi, “Twin-peaks absorption spectra of excess electron in ionic liquids”, Radiation Physics and Chemistry, 100, 32-37, https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2014.03.013, 査読有, 2014. 材

佐藤英一, 津田 浩, 志波光晴, “非破壊信頼性評価”, 工業材料, 62, 54-56, 査読有, 2014.（総説） 評

A. Hosokawa, T. Ueda, N. Hirose and T. Furumoto, “High-quality machining of CFRP with high helix end mill”, CIRP Annals, 63, 1, 89-92, https://doi.org/10.1016/j.cirp.2014.03.084, 2014. 製

イ次世代インフラ 製革新製造技術 材革新材料 評評価技術

Shiotani, T., Y. Takada, and K. Ishitsuka, “Damage assessment of concrete structures by using ultrasonic Q-value”, Structural faults & repair 2014, 査読有, 2014. 評 イ

Kobayash,Y., K. Oda and T. Shiotani, “Three-dimensional AE-Tomography with accurate source location technique”, Structural faults & repair 2014, 査読有, 2014. 評

Kazuma Ogura, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, Chiaki Ogino, Akihiko Kondo, “Pretreatment of Japanese cedar by ionic liquid solutions in combination with acid and metal ion, and its application to high solid loading”, Biotechnology for Biofuels, 7, 1, 120-120, https://doi.org/10.1186/s13068-014-0120-z, 査読有, 2014. 材

Mohamed H. GABR, Nguyen T. Phong, Kazuya OKUBO, Kiyoshi Uzawa, Isao Kimpara, Toru FUJII., “Thermal and mechanical properties of electrospun nano-celullose reinforced epoxy nanocomposites”, Polymer Testing, 37, 51-58, https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2014.04.010, 2014. 材

Kazuaki Ninomiya, Takashi Yamauchi, Chiaki Ogino, Nobuaki Shimizu, Kenji Takahashi, “Microwave pretreatment of lignocellulosic material in cholinium ionic liquid for efficient enzymatic saccharification”, Biochemical Engineering Journal, 90, 15, 90-95, https://doi.org/10.1016/j.bej.2014.05.013, 査読有, 2014. 材

内藤公喜, “Tensile properties of polyimide composites incorporating carbon nanotubes grafted and polyimide coated carbon fibers”, Journal of Materials Engineering and Performance, 23, 3245-3256, https://doi.org/10.1007/s11665-014-1110-9, 査読有, 2014. 材

Nakada, M., Okuya, T. and Miyano, Y., “Statistical prediction of tensile creep failure time for unidirectional CFRP”, Advanced Composite Materials, 23, 451-460, https://doi.org/10.1080/09243046.2014.915099, 査読有, 2014. 評

Motoaki Sano, Akiko Kobayashi, Shinichi Ohashi, “Characterization of the palI gene from Aspergillus oryzae”, Journal of Macromolecules, 14, 3, 125-132, 査読有, 2014. 材

Nakada, M. and Miyano, Y., “Advanced accelerated testing methodology for long-term life prediction of CFRP laminates”, Journal of Composite Materials, 49, 2, 163-175, https://doi.org/10.1177/0021998313515019, 査読有, 2014. 評

山口政之, “ダングリング鎖の分子運動を利用した自己修復性ポリマーの開発”, ファインケミカル, 43, 12, 37-41, 2014. 材

Kazuaki Ninomiya, Asami Kohori, Mai Tatsumi, Koji Osawa, Takatsugu Endo, Ryohei Kakuchi, Chiaki Ogino, Nobuaki Shimizu, Kenji Takahashi, “Ionic liquid/ultrasound pretreatment and in situ enzymatic saccharification of bagasse using biocompatible cholinium ionic liquid”, Bioresource Technology, 176, 169-174, https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.11.038, 査読有, 2015. 材

Koji Matsuura, Ogawa S, Kasaki S, Koyama K, Kodama M and Yanase S, “Cleaning polymer ink from a glass substrate using microbubbles generated by a hydrogen bubble method”, Separation Purification Technology, 142, 4, 242-250, https://doi.org/10.1016/j.seppur.2015.01.009, 査読有, 2015. 製

S. Arayachukiat, V. A. Doan, T, Murakami, S. Nobukawa, and M. Yamaguchi, “Autonomic self-healing of poly(vinyl butyral)”, Journal of Applied Polymer Science, 132, 42008-42013, https://doi.org/10.1002/app.42008, 査読有, 2015. 材

櫻井壯達, 中沢実, “X線CTによる繊維強化プラスチックのガラス繊維配向3次元画像解析”, 信学技報, 114, 454, 51-56, 2015. 評

冨吉満之, 香坂玲, “身近な里山の保全に対する地域住民の意識～石川県小松市民を対象としたアンケート結果から～”, 環境共生, 26, 40-47, 査読有, 2015. 材

平成27(2015)年度
Qingxin Zhang, Ruojin Liu, Fenghua Zhao, Huanhuan Zhang, Xiaoyan Yu, Huili Ding, 内藤公喜, Xiongwei Qu, “Preparation of Polyimide/MWCNT Nanocomposites via Solid State Shearing Pulverization (S3P) Processing”, Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 15, 3780-3785, https://doi.org/10.1166/jnn.2015.9490 , 査読有, 2015. 材

内藤公喜, “炭素繊維の構造、表面状態と強度、密着性評価”, CFRPの繊維／樹脂　界面制御と成形加工技術, 9-19, 査読有, 2015. (書籍) 評

宮里心一, 保倉篤, “「革新材料による次世代インフラシステムの構築」に向けた取組み”, プレストレストコンクリート, 5, 3, 16-19, 査読有, 2015. イ

内藤公喜, “ポリマーコーティングおよびカーボンナノチューブ析出による炭素繊維の表面改質技術”, CFRPの成形・加工・リサイクル技術最前線-生活用具から産業用途まで適用拡大を背景として- , 191-211, 査読有, 2015. (書籍) 材

Nakada, M. and Miyano, Y., “Statistical Creep Failure Time of Unidirectional CFRP”, Experimental Mechanics, 56, 653-658, https://doi.org/10.1007/s11340-015-0049-6, 査読有, 2015. 評

Nutta Sangnarin Hamjinda, Wilai Chiemchaisri,Toru Watanabe, Ryo Honda, Chart Chiemchaisri, “Toxicological assessment of hospital wastewater in different treatment processes”, Environmental Science and Pollution Research, 25, 1-9, https://doi.org/10.1007/s11356-015-4812-0, 査読有, 2015. 評

香坂玲, 戸越祥太, 冨吉満之, 岩田まり, 藤平祥孝, 松岡光, “大都市圏以外の地域における中小企業による森づくり活動の定量的把握：郵送アンケートによる石川県加賀と能登の地域比較より”, 林業経済研究, 61, 2, 13-22, https://doi.org/ 10.20818/jfe.61.2_13, 査読有, 2015. 材

W. Rujirek, Y. Hachiya, S. Nobukawa, M. Yamaguchi, “Selective localization of carbon nanotubes in PC/PET blends”, Polymer Composites, 38, 1103-1111, https://doi.org/10.1002/pc.23672, 査読有, 2015. 材

Kazuaki Ninomiya, Sayuri Omote, Chiaki Ogino, Kosuke Kuroda, Mana Noguchi, Takatsugu Endo, Ryohei Kakuchi, Nobuaki Shimizu, Kenji Takahashi, “Saccharification and ethanol fermentation from cholinium ionic liquid-pretreated bagasse with a different number of post-pretreatment washings”, Bioresource Technology, 189, 203-209, https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.04.022, 査読有, 2015. 材

Ryohei Kakuchi, Makoto Yamaguchi, Takatsugu Endo, Yoshiki Shibata, Kazuaki Ninomiya, Tomoyuki Ikai, Katsuhiro Maeda, Kenji Takahashi, “Efficient and rapid direct transesterification reactions of cellulose with isopropenyl acetate in ionic liquids”, RSC Advances, 5, 72071-72074, https://doi.org/10.1039/c5ra14408f, 査読有, 2015. 材

W. Rujirek, Y. Hachiya, T. Endo, S. Nobukawa, M. Yamaguchi, “Anomalous transfer phenomenon of carbon nanotube in the blend of polyethylene and polycarbonate”, Composites Part B: Engineering, 78, 409-414, https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.04.009, 査読有, 2015. 材

Koji Matsuura, Yanase S, “マイクロバブル研究の進展”, ながれ, 34, 5, 355-362, 査読有, 2015. (総説) 材

T. Huu, K. Goto, Y. Yamaguchi, E. V.A. Premalal, Y. Shimamura, Y. Inoue, K. Naito, S. Ogihara, “Effects of CNT Diameter on Mechanical Properties of Aligned CNT Sheets and Composites”, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 76, 289-298, https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.06.009, 査読有, 2015. 材

Minemura A, Kitamura R, Sano M, Osawa S, “Degradation of formaldehyde by Aspergillus oryzae”, Japanese Society of Water Treatment Biology, 51, 3, 69-73, 査読有, 2015. 材

Hieu Duc Nguyen, Tatsuo Kaneko, Naoki Takaya, Tomoya Fujita, Takashi Ito, “Fermentation of aromatic lactate monomer and its polymerization to produce highly thermoresistant bioplastics”, Polymer Journal, 48, 81-89, https://doi.org/10.1038/pj.2015.80, 査読有, 2015. 材

Naoko Ikuta, Takatsugu Endo, Shota Hosomi, Keita Setou, Shiori Tanaka, Noriko Ogawa, Hiromitsu Yamamoto, Tomoyuki Mizukami, Shoji Arai, Masayuki Okuno, Kenji Takahashi, Keiji Terao, Seiichi Matsugo, “Structural analysis of crystalline r(+)-α-lipoic acid-α-cyclodextrin complex based on microscopic and spectroscopic studies”, International Journal of Molecular Sciences, 16, 10, 24614-24628, https://doi.org/10.3390/ijms161024614, 査読有, 2015. 材

米井良太, 鶴田健二, 石川篤, “グラファイト-樹脂界面の特性改質の分子動力学シミュレーション”, 日本機械学会第28回計算力学講演会論文集, 2015.8, 320-321, https://doi.org/10.1299/jsmecmd.2015.28._302-1_/_pdf, 査読有, 2015. 材

Kazuaki Ninomiya, Chiaki Ogino, Miki Ishizaki, Misa Yasuda, Nobuaki Shimizu, Kenji Takahashi, “Effect of post-pretreatment washing on saccharification and co-fermentation from bagasse pretreated with biocompatible cholinium ionic liquid”, Biochemical Engineering Journal, 103, 198-204, https://doi.org/10.1016/j.bej.2015.08.002, 査読有, 2015. 材

Takatsugu Endo, Mai Tatsumi, Takatsugu Endo, Koji Osawa, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Transport properties of various ionic liquids during electrodialysis”, Journal of Solution Chemistry, 44, 12, 2405-2415, https://doi.org/10.1007/s10953-015-0409-y, 査読有, 2015. 材

Ryo Honda, Weerapong Rukapan, Hitomi Komura, Yuta Teraoka, Mana Noguchi, Eric M. V. Hoek, “Effects of membrane orientation on fouling characteristics of forward osmosis membrane in concentration of microalgae culture”, Bioresource Technology, 197, 429-433, https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.08.096, 査読有, 2015. 材

Kaneko A, Sano M, Ohashi S, and Ozeki K, “Effects of starch-free wheat bran medium and amino acids, as sole nitrogen sources, on the growth of Aspergillus oryzae general amino acid transporter（gapA）disruptant”, J. Biol. Macromol., 15, 2, 92-101, 査読有, 2015. 材

Kaneko A, Sano M, Ohashi S, and Ozeki K, “Effects of carbon source on the Aspergillus oryzae gapA gene”, J. Biol. Macromol., 15, 2, 102-107, 査読有, 2015. 材

宮里心一, 保倉篤, “土木分野への新たなFRP部材の研究開発”, 北陸路, 62, 12-17, 2015. イ

Kazuaki Ninomiya, Takahiro Yamashita, Yamato Tanabe, Miki Imai, Kenji Takahashi, Nobuaki Shimizu, “Targeted and ultrasound-triggered cancer cell injury using perfluorocarbon emulsion-loaded liposomes endowed with cancer cell-targeting and fusogenic capabilities”, Ultrasonics Sonochemistry, 28, 54-61, https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.06.032, 査読有, 2016. 材

Ryo Honda, Toru Watanabe, Variga Sawaittayotin, Yoshifumi Masago, Rungnapa Chulasak, Kulchaya Tanong, G. Tushara Chaminda, Krison Wongsila, Chawala Sienglum, Varisara Sunthonwatthanaphong, Anupong Poonnotok, Wilai Chiemchaisri, Chart Chiemchaisri, Hiroaki Furumai, Kazuo Yamamoto, “Impacts of urbanization on the prevalence of antibiotic-resistant Escherichia coli in the Chaophraya River and its tributaries in Thailand”, Water Science and Technology, 73, 2, 362-374, https://doi.org/10.2166/wst.2015.502, 査読有, 2016. 材

Toba keisuke, Y. Kondo, M.Harada, A. Nagura, T. Miyake, Y. Takada, “Improvement of Mechanical Properties of Discontinuous Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic Induced by the Fiber Unbundling”, Trans. Mat. Res. Japan, 41, 135-138, https://doi.org/10.14723/tmrsj.41.135, 査読有, 2016. 材

三宅卓志, “顕微ラマン分光法を用いた局素応力測定による複合材料の界面挙動の詳細な評価”, 接着の技術, 35, 18-23, 2016.（総説）評

R. Osato, T. Sako, J. Seemork, S. Arayachukiat, S. Nobukawa, and M. Yamaguchi, “Self-healing properties of poly（ethylene-co-vinyl acetate）”, Colloid Polym. Sci, 294, 537-543, https://doi.org/10.1007/s00396-015-3817-z, 査読有, 2016. 材

香坂玲, 冨吉満之, 藤平祥孝, 松岡光, “木材製品の産地を気にするのは誰か？～小松市民を対象としたアンケート意識調査結果から～”, 地域イノベーション：Journal for Regional Policy Studies, 8, 15-25, 査読有, 2016. 材

平成28（2016）年度
Zaw Lin, Mitsunobu Yoshida,Yuki Uesugi, Karthik Paneer Selvam, Takeshi Nishikawa, Yasuhiko Hayashi, “Dispersion of Relatively Long Multi-walled Carbon Nanotubes in Water Using Ozone Generated by Dielectric Barrier Discharge”, 電気学会論文誌A（基礎・材料・共通部門誌）, 136, 4, 180-185, https://doi.org/10.1541/ieejfms.136.180, 査読有, 2016. 材

K. Naito, “Effect of hybrid surface modifications on tensile properties of polyacrylonitrile- and pitch-based carbon fibers”, Journal of Materials Engineering and Performance, 25, 2074-2083, https://doi.org/10.1007/s11665-016-2028-1, 査読有, 2016. 材

附木貴行, 山田佑介, 北村基, 吉村治, 前田理行, 西田治男, 鵜澤潔, “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ド複合材料の機械的特性と帯電防止性能”, 高分子論文集, 73, 3, 238-243, https://doi.org/10.1295/koron.2015-0084, 査読有, 2016. 材

D. He, M. Shiwa, K. Naito, “Crack detection of CFRP cable using ECT with saw-wave excitation”, Electromagnetic Nondestructive Evaluation（XIX）Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics, 41, 34-39, https://doi.org/10.3233/978-1-61499-639-2-34, 査読有, 2016. 評

Kosuke Kuroda, Kyohei Miyamura, Heri Satria, Kenji Takada, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Hydrolysis of cellulose using an acidic and hydrophobic ionic liquid, and subsequent separation of glucose aqueous solution from the ionic liquid and 5-(hydroxymethyl)furfural”, ACS Sustainable Chemistry and Engineering, 4, 6, 3352-3356, https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b00420, 査読有, 2016. 材

松浦宏治, “化学修飾した酸化グラフェン－熱硬化性エポキシ樹脂複合材料の力学特性および粘弾性”, 炭素, 2016, 275, 208-216, https://doi.org/10.7209/tanso.2016.208, 査読有, 2016.（総説） 材

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”, 強化プラスチックス, 62, 8, 318-323, 査読有, 2016. 材

R. Watanabe, T. Sako, S. Korkiatithaweechai, M. Yamaguchi, “Autonomic healing of thermoplastic elastomer composed of triblock copolymer”, J. Mater. Sci, 52, 2, 1214-1220, https://doi.org/10.1007/s10853-016-0419-1, 査読有, 2016. 材

K. Chakrabarti, M. Shiwa, “Simulation Study of Strains Obtained by Two Different Scattering Processes in Optical Fiber Sensors”, International Journal of Computer Sciences and Engineering, 41, 2347-2693, 査読有, 2016. 材

Heri Satria, Kosuke Kuroda（co-first author）, Takatsugu Endo, Kenji Takada, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi:, “Efficient hydrolysis of polysaccharides in bagasse by in situ synthesis of an acidic ionic liquid after pretreatment”, ACS Sustainable Chemistry and Engineering , 5, 1, 708-713, https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b02055, 査読有, 2016. 材

Zaw Lin, Toru Iijima, Paneer Selvam Karthik, Mitsunobu Yoshida, Masaki Hada, Takeshi Nishikawa, and Yasuhiko Hayashi, “Surface modification of carbon nanohorns by helium plasma and ozone treatments”, Japanese Journal of Applied Physics, 56, 1S, 01AB08-1-01AB08-5, https://doi.org/10.7567/JJAP.56.01AB08, 査読有, 2016. 材

Takatsugu Endo, Hota Hosomi, Shunsuke Fujii, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Anion Bridging-Induced Structural Transformation of Cellulose Dissolved in Ionic Liquid”, The Journal of Physical Chemistry Letters, 7, 24, 5156-5161, https://doi.org/10.1021/acs.jpclett.6b02504, 査読有, 2016. 材

中村照美, 内藤公喜, 小熊博幸, 内藤昌信, “マルチスケール接合技術の開発”, 金属, 87, 19-24, 査読有, 2017.（総説） 製

Ryohei Kakuchi, Ryo Ito, Shuhei Nomura, Hadi Abroshan, Kazuaki Ninomiya, Tomoyuki Ikai, Katsuhiro Maeda, Hyung J. Kim, Kenji Takahashi, “A mechanistic insight into the organocatalytic properties of imidazolium-based ionic liquids and a positive co-solvent effect on cellulose modification reactions in an ionic liquid”, RSC Advances, 7, 16, 9423-9430, https://doi.org/10.1039/c6ra28659c, 査読有, 2017. 材

R. Wiwattananukul, B. Fan, M. Yamaguchi, “Improvement of rigidity for rubber-toughened polypropylene via localization of carbon nanotubes”, Comp. Sci. Technol, 141, 106-112, https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2017.01.012, 査読有, 2017. 材

Takatsugu Endo, Shota Hosomi, Shunsuke Fujii, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Nano-Structural Investigation on Cellulose Highly Dissolved in Ionic Liquid: A Small Angle X-ray Scattering Study”, Molecules, 22, 1, 178-178, https://doi.org/10.3390/molecules22010178, 査読有, 2017. 材

K. Naito, H. Oguma, “Tensile properties of novel carbon/glass hybrid thermoplastic composite rods”, Composite Structures, 161, 23-31, https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2016.11.042, 査読有, 2017. 材

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, 35, 53-59, 査読有, 2017. 製

平成29(2017)年度
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, https://doi.org/10.1177/0021998316658543, 査読有, 2017. 材

Kosuke Kuroda, Ken Inoue, Kyohei Miyamura, Heri Satria, Kenji Takada, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Efficient hydrolysis of lignocellulose by acidic ionic liquids under low-toxic condition to microorganisms”, Catalysts, 7, 4, 108-108, https://doi.org/10.3390/catal7040108, 査読有, 2017. 材

T. Sakaguchi, S Nagano, M Hara, SH Hyon, M Patel, K Matsumura, “Facile preparation of transparent poly(vinyl alcohol) hydrogels with uniform microcrystalline structure by hot-pressing without using organic solvents”, Polymer Journal, 49, 535-542, https://doi.org/10.1038/pj.2017.18, 査読有, 2017. 材

Takatsugu Endo, Mai Tatsumi, Kosuke Kuroda, Heri Satria, Yumiko Shimada, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Efficient recovery of ionic liquid by electrodialysis in acid hydrolysis process”, Separation Science and Technology, 52, 7, 1240-1245, https://doi.org/10.1080/01496395.2017.1281957, 査読有, 2017. 材

立野大地, 米山猛, 河本基一郎, 岡本雅之, “熱可塑性CFRPシート加熱搬送装置の設計・製作”, 設計工学, 52, 5, 351-362, https://doi.org/10.14953/jjsde.2016.2720, 査読有, 2017. 製

Zaw Lin, Paneer Selvam Karthik, Masaki Hada, Takeshi Nishikawa and Yasuhiko Hayashi, “Simple Technique of Exfoliation and Dispersion of Multilayer Graphene from Natural Graphite by Ozone-Assisted Sonication”, Nanomaterials, 7, 6, 1-10, https://doi.org/10.3390/nano7060125, 査読有, 2017. 材

櫻庭浩樹, 西崎到, 宇佐美惣, 石田雅博, “GFRP引抜成形材の耐アルカリ性に関する屋外暴露および浸漬試験”, 複合構造論文集, 73, 5, 32-41, https://doi.org/10.2208/jscejseee.73.II_32 , 査読有, 2017. イ

鵜澤潔, 斉藤義弘, 保倉篤, “土木・建築分野への複合材料利用―先進材料と革新製造技術による新たな取り組み―”, 土木学会論文集A1, 73, 5, II_1-II_9, https://doi.org/10.2208/jscejseee.73.II_1, 査読有, 2017. イ 製

宮野靖, 中田政之, “繊維強化プラスチックの耐久性”, 2017. (書籍) 評

K. Naito, H. Oguma, “Tensile properties of novel carbon/glass hybrid thermoplastic composite rods under static and fatigue loading”, Revista Materia, 22, e-11843-e-11843, https://doi.org/10.1590/s1517-707620170002.0176, 査読有, 2017. 材

K. Naito, Y. Tanaka, and JM. Yang, “Transverse compressive properties of polyacrylonitrile (PAN)-based and pitch-based single carbon fibers”, Carbon, 118, 168-183, https://doi.org/10.1016/j.carbon.2017.03.031, 査読有, 2017. 材

Daichi Tatsuno, Takeshi Yoneyama, Kiichiro Kawamoto, Masayuki Okamoto, “Effect of cooling rate on the mechanical strength of carbon fiber reinforced thermoplastic sheets in press forming”, Journal of Materials Engineering and Performance, 26, 7, 3482-3488, https://doi.org/10.1007/s11665-017-2664-0, 査読有, 2017. 製

E. 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, https://doi.org/10.4188/jte.63.49, 査読有, 2017. 製

Haruo Nishida, Keisaku Yamashiro, Takayuki Tsukegi, “Biomass Composites from Bamboo-based Micro/Nano f ibers”, Handbook of Composite from Renewable Materials , 7, 339-361, https://doi.org/10.1002/9781119441632.ch135, 査読有, 2017. (書籍) 材

Koji Matsuura, Yuki Umahara, Kazuma Gotoh, Yuko Hoshijima, and Hiroyuki Ishida, “Surface Modification Effects on the Tensile Properties of Functionalised Graphene Oxide Epoxy Films”, RSC Advances, 8, 18, 9677-9684, https://doi.org/10.1039/C8RA00252E, 査読有, 2017. 材

"B. Fan, R. Wiwattananukul, M. Yamaguchi, “Effect of mixing temperature on the carbon nanofiller distribution in immiscible blends of polycarbonate and polyolefin”, European Polymer Journal, 96, 295-303, https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2017.09.021, 査読有, 2017." 材

Miyano, Y., Nakada, M., “Statistical Long-Term Creep Failure Time of Unidirectional CFRP”, Durability of Composites in a Marine Environment 2, 75-90, https://doi.org/10.1007/978-3-319-65145-3_5, 2017. (書籍) 評

Manjit Singh Grewal, Kazuya Taya, Seiji Tateyama, Tatsuo Kaneko, “Preparation of tough biopolyurea films from aromatic amino acid as diamine monomer”, Macromolecular Symposia, 375, 1, 1600194-1600194, https://doi.org/10.1002/masy.201600194, 査読有, 2017. 材

Miyano, Y., Nakada, M., “Durability of Fiber Reinforced Polymers ”, https://doi.org/10.1002/9783527811984, 2017. (書籍) 評

HB. Kim, K. Naito, and H. Oguma, “Mode II fracture toughness of two-part acrylic-based adhesive in an adhesively bonded joint: end-notched flexure tests under static loading”, Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, 40, 1795-1808, https://doi.org/10.1111/ffe.12599, 査読有, 2017. 材

Y. Tanaka, K. Naito, and H. Kakisawa, “Measurement method of multi scale thermal deformation inhomogeneity in CFRP using in situ FE-SEM observations”, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 102, 175-183, https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2017.08.002, 査読有, 2017. 評

Takatsugu Endo, Ei Mon Aung, Shunsuke Fujii, Shota Hosomi, Mitsugu Kimizu, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Investigation of accessibility and reactivity of cellulose pretreated by ionic liquid at high loading”, Carbohydrate Polymers, 176, 365-373, https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.105, 査読有, 2017. 材

Kosuke Kuroda, Heri Satria, Kyohei Miyamura, Yota Tsuge, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Design of Wall-Destructive but Membrane-Compatible”, Journal of the American Chemical Society, 139, 45, 16052-16055, https://doi.org/10.1021/jacs.7b08914, 査読有, 2017. 材

Daichi Tatsuno, Takeshi Yoneyama, Kiichiro Kawamoto, Masayuki Okamoto, “Effect of side die pressure and adaptive die temperature control in press forming of U-beam using carbon fiber reinforced PA6 sheets”, Journal of Composite Materials, 51, 30, 4273-4286, https://doi.org/10.1177/0021998317701997, 査読有, 2017. 製

Atsushi Minemura, Ryuichi Kitamura, Motoaki Sano, Satoshi Osawa, “The Gene of Aspergillus oryzae Involved in Degradation of Formaldehyde and Formaldehyde Degradation in Vapour Phase by Porous Enzyme/Chitosan Nanofibre Composites”, J. Polym Environ, 25, 1273-1279, https://doi.org/10.1007/s10924-016-0899-8, 査読有, 2017. 材

Hiroki Sakai, Kosuke Kuroda*(co-first author), Shiori Muroyama, Takayuki Tsukegi, Ryohei Kakuchi, Kenji Takada, Ayano Hata, Ryosuke Kojima, Tomoki Ogoshi, Masaaki Omichi, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Alkylated alkali lignin for compatibilizing agents of carbon fiber reinforced plastics with polypropylene”, Polymer Journal, 50, 3, 281-284, https://doi.org/10.1038/s41428-017-0009-3, 査読有, 2017. 材

K. Naito, “Stress analysis and fracture toughness of notched polyacrylonitrile（PAN）-based and pitch-based single carbon fibers”, Carbon, 126, 346-359, https://doi.org/10.1016/j.carbon.2017.10.021, 査読有, 2018. 材 評

Nakada, M., Miyano, Y., “Multiscale modeling for long-term life prediction of CFRP structures under cyclic loading”, Multiscale and Multidisciplinary Modeling, Experiments and Design, https://doi.org/10.1007/s41939-017-0003-7, 査読有, 2018. 評

Koji Matsuura, Takahiro Uchida, Chao Guan, and Shinichiro Yanase, “Separation of Carbon Fibers in Water Using Microbubbles Generated by Hydrogen Bubble Method”, Separation and Purification Technology, 190, 8, 190-194, https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.08.065, 査読有, 2018. 製

平成30(2018)年度
Xin Luo, Xiaoyan Yu, Yuanhui Ma, Kimiyoshi Naito, Qingxin Zhang, “Preparation and cure kinetics of epoxy with nanodiamond modified with liquid crystalline epoxy”, THERMOCHIMICA ACTA, 663, 1-8, https://doi.org/10.1016/j.tca.2018.03.003, 査読有, 2018. 材

鵜澤潔, “COI事業における炭素繊維複合材料の開発と可能性”, 土木学会誌, 103, 5, 20-21, 査読有, 2018. 製 イ

Hyun-Bum Kim, Kimiyoshi Naito, Hiroyuki Oguma, “Mode II fatigue crack growth properties of adherends bonded with DP8005: End–notched flexible tests”, International Journal of Fatigue, 111, 333-344, https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2018.02.026 , 査読有, 2018. 材 評

麻植久史, 塩谷智基, 山本伊織, 稲葉秀弘, “FBGによる多点同時計測可能な光ファイバAEセンサ”, 非破壊検査, 67, 6, 271-276, 査読有, 2018.（総説） 評

A. Ito, P. Phulkerd, V. Ayerdurai, M. Soga, A. Courtoux, A. Miyagawa, M. Yamaguchi, “Enhancement of glass transition temperature for poly(methyl methacrylate) by salt ”, Polymer Journal, 50, 9, 857-863, https://doi.org/10.1038/s41428-018-0080-4 , 2018. 材

Hiroki Sakai, Kosuke Kuroda, Takayuki Tsukegi, Tomoki Ogoshi, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Butylated lignin as a compatibilizing agent for polypropylene-based carbon fiber-reinforced plastics”, Polymer Journal, 50, 10, 997-1002, https://doi.org/10.1038/s41428-018-0088-9, 査読有, 2018. 材

Shiori Suzuki, Yoshiki Shibata, Daisuke Hirose, Takatsugu Endo, Kazuaki Ninomiya, Ryohei Kakuchi, Kenji Takahashi, “Cellulose triacetate synthesis via one-pot organocatalytic transesterification and delignification of pretreated bagasse”, RSC Advances, 8, 39, 21768-21776, https://doi.org/10.1039/c8ra03859g, 査読有, 2018. 材

A. Ito, V. Ayerdurai, A. Miyagawa, A. Matsumoto, H. Okada, A. Courtoux, M. Yamaguchi, “Effects of residual solvent on glass transition temperature of poly(methyl methacrylate)”, J. Soc. Rheol., Jpn. , 46, 3, 117-121, https://doi.org/10.1678/rheology.46.117, 2018. 材

László Szabó, Sari Imanishi, Naohiro Kawashima, Rina Hoshino, Kenji Takada, Daisuke Hirose, Takayuki Tsukegi, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Carbon fibre reinforced cellulose-based polymers: Intensifying interfacial adhesion between the fibre and the matrix”, RSC Advances, 8, 40, 22729-22736, https://doi.org/10.1039/c8ra04299c, 査読有, 2018. 材

鵜澤潔, “複合材料成形技術の最前線　2. 適用拡大期における成形特性と製造プロセスの適合化の取り組み”, 材料, 67, 7, 754-759, https://doi.org/10.2472/jsms.67.754, 2018. (寄稿) 製

T. Ueda, T. Matsumoto, M. Kanesaki, H. Saito, K. Uzawa, I. Kimpa, “Effects of Repair Temperature and Duration in Thermal Fusion Bonding on Interlaminar Shear Strength of Delaminated CF/PA6 Laminates”, Advanced Experimental Mechanics, 3, 147-151, https://doi.org/10.11395/aem.3.0_147, 査読有, 2018. 材

László Szabó, Sari Imanishi, Naohiro Kawashima, Rina Hoshino, Daisuke Hirose, Takayuki Tsukegi, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Interphase engineering of a cellulose-based carbon fiber reinforced composite by applying click chemistry”, ChemistryOpen, 7, 9, 720-729, https://doi.org/10.1002/open.201800180, 査読有, 2018. 材

山中翔太, 中田政之, 宮野靖, 松本隆之, “ベンゾオキサジン樹脂を用いた層間高靭化CFRP積層板の有孔引張疲労特性の評価”, ネットワークポリマー論文集, 39, 6, 274-279, 査読有, 2018. 材 評

Y. Zhao, W. Terai, Y. Hoshijima, K. Gotoh, K. Matsuura, K. Matsumura, “Development and Characterization of a Poly(Vinyl Alcohol)/Graphene Oxide Composite Hydrogel as An Artificial Cartilage Material”, Applied Sciences, 8, 2272-2272, https://doi.org/10.3390/app8112272, 査読有, 2018. 材

内藤公喜, “界面制御型炭素繊維複合強化材料の開発”, 月刊車載テクノロジー, 6, 3, 24-31, 査読有, 2018. 材

Patcharat Wongsriraksa and Asami Nakai, “The Effect of Process Parameters on Impregnation Properties of Pultruded Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic Epoxy Composites”, ECS Transactions, 88, 1, 177-185, https://doi.org/10.1149/08801.0177ecst, 査読有, 2018. 製

小熊博幸, 内藤公喜, “複合材料を用いた接着構造の力学的性質に及ぼす被着体表面処理の影響”, 金属, 89, 21-25, 査読有, 2019. 材

László Szabó, Sari Imanishi, Fujie Tetsuo, Daisuke Hirose, Hisai Ueda, Takayuki Tsukegi, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Lignin as a functional green coating on carbon fiber surface to improve interfacial adhesion in carbon fiber reinforced polymers”, Materials, 12, 1, 159-159, https://doi.org/10.3390/ma12010159, 査読有, 2019. 材

H. Hu, H. Guo, X. Yu, K. Naito, Q. Zhang, “Surface modification and disaggregation of detonation nanodiamond particles with biodegradable polyurethane”, Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering Aspects, 563, 302-309, https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.12.023, 査読有, 2019. 材

平成31(2019)年度
Ryunosuke Nishita, Kosuke Kuroda, Shiori Suzuki, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Flame-retardant plant thermoplastics directly prepared by single ionic liquid substitution”, Polymer Journal, 51, 8, 781-789, https://doi.org/10.1038/s41428-019-0195-2, 査読有, 2019. 材

Daisuke Hirose, Samuel Budi Wardhana Kusuma, Daiki Ina, Naoki Wada, Kenji Takahashi, “Direct one-step synthesis of a formally fully bio-based polymer from cellulose and cinnamon flavor”, Green Chemistry, 21, 18, 4927-4931, https://doi.org/10.1039/c9gc01333d, 査読有, 2019. 材

Masayuki Nakada, Yasushi Miyano, Yoko Morisawa, Hirofumi Nishida,Yutaka Hayashi, Kiyoshi Uzawa, “Prediction of statistical life time for unidirectional CFRTP under creep loading”, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 38, 19-20, 938-946, https://doi.org/10.1177/0731684419854213, 2019. 評

László Szabó, Romain Milotskyi, Tetsuo Fujie, Takayuki Tsukegi, Naoki Wada, Kazuaki Ninomiya, Kenji Takahashi, “Short carbon fiber reinforced polymers: Utilizing lignin to engineer potentially sustainable resource-based biocomposites”, Frontiers in Chemistry, 7, 757-757, https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00757, 査読有, 2019. 材

宮里心一, 保倉篤, 上田久偉, 高岩裕也, “特集／令和時代に期待されるコンクリート技術／3. 材料　熱可塑性ＦＲＰのコンクリート部材への適用検討”, コンクリート工学, 58, 1, 94-98, 査読有, 2020. (寄稿) イ 材

高岩裕也, 保倉篤, 鵜澤潔, 宮里心一, “炭素繊維複合材料より線の緊張力がコンクリートとの付着性状に及ぼす影響”, 構造工学論文集, 66B, 543-548, 査読有, 2020. イ 材

令和2(2020)年度

Masayuki Nakada, Yasushi Miyano, Yoko Morisawa, Takeharu Isaki, Taiki Hirano and Kiyoshi Uzawa, “Statistical life prediction of unidirectional carbon fiber/polypropylene tape under creep tension load”, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 39, 7-8, 278-284, https://doi.org/10.1177/0731684419900319, 査読有, 2020. 評

R. A. Saari, R. Maeno, R. Tsuyuguchi, W. Marujiwat, P. Phulkerd, M. Yamaguchi, “Impact of Lithium halides on rheological properties of aqueous solution of poly(vinyl alcohol)”, Journal of Polymer Reseach, 27, 218, https://doi.org/10.1007/s10965-020-02198-y, 査読有, 2020. 材

高岩裕也, 軽賀英人, 田中康典, 鵜澤潔, “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, 47, 1, 32-41, 査読有, 2021. イ 材

R. A. Saari, R. Maeno, W. Marujiwat, M. S. Nasri, K. Matsumura, M. Yamaguchi, “Modification of poly(vinyl alcohol) fibers with lithium bromide”, Polymer, 213, 123193--, https://doi.org/10.1016/j.polymer.2020.123193, 査読有, 2021. 材

László Szabó, Romain Milotskyi, Hisai Ueda, Takayuki Tsukegi, Naoki Wada, Kenji Takahashi, “Controlled acetylation of kraft lignin for tailoring polyacrylonitrile-kraft lignin interactions towards the production of quality carbon nanofibers”, Chemical Engineering Journal, 405, 126640-126640, https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126640, 査読有, 2021. 材

高岩裕也, 布谷勝彦, 鵜澤潔, “靭性を有する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, 65, 108-113, https://doi.org/10.3130/aijt.27.108, 査読有, 2021. イ 材

Romain Milotskyi, Laszlo Szabo, Tetsuo Fujie, Kintaro Sakata, Naoki Wada, Kenji Takahashi, “Low waste process of rapid cellulose transesterification using ionic liquid/dmso mixed solvent: Towards more sustainable reaction systems”, Carbohydrate Polymers, 256, 117560--, https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117560, 査読有, 2021. 材

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, 1, 147-154, https://doi.org/10.14250/cement.74.147, 査読有, 2021. イ 材

令和3(2021)年度

Guangbin Cai, Takehiro Shirai, Yi Wan, Kiyoshi Uzawa, Jun Takahashi, “Application of X-ray Computed Tomography toMeasuring Fiber Orientation Distribution of ChoppedCarbon Fiber Tape Reinforced Thermoplastics”, Applied Composite Materials, 28, 573-586, https://doi.org/10.1007/s10443-021-09875-1, 査読有, 2021. 材 評

R. A. Saari, M. S. Nasri, W. Marujiwat, R. Maeno, M. Yamaguchi, “Application of Hofmeister series to the structure and properties of poly(vinyl alcohol) films containing metal salt”, Polymer Journal, 53, 557-564, https://doi.org/10.1038/s41428-020-00450-2, 査読有, 2021. 材

Shiori Suzuki, Hibiki Hikita, Stephanie Hernandez, Naoki Wada, Kenji Takahashi, “Direct conversion of sugarcane bagasse into injection-moldable cellulose-based thermoplastic via homogeneous esterification with mixed acyl groups”, Acs Sustainable Chemistry & Engineering, 9, 17, 5933-5941, https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c00306, 査読有, 2021. 材

K. Naito, “Flexural Properties of Carbon/Glass Hybrid Thermoplastic Epoxy Composite Rods Under Static and Fatigue Loadings”, Applied Composite Materials, 28, 3, 753-766, https://doi.org/10.1007/s10443-021-09893-z, 査読有, 2021. 材

Samuel Kusuma, Daisuke Hirose, Akina Yoshizawa, László Szabó, Daiki Ina, Naoki Wada, Kenji Takahashi, “Direct synthesis of full-bio-based cellulose esters from essential oil component α,β-unsaturated aldehydes”, Acs Sustainable Chemistry & Engineering, 9, 25, 8450-8457, https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c01267, 査読有, 2021. 材

角田貴也, 高岩裕也, 阿部拓也, 宮里心一, “CFRTPストランドとコンクリートの付着および定着に関する 実験的検討 ”, コンクリート工学年次論文集, 43, 2, 235-240, 査読有, 2021. イ 材

奥村航, 西田裕文, 布谷勝彦, 杉俣悦郎, 長谷部裕之, 森大介, 鵜沢潔, “現場重合型熱可塑エポキシ樹脂を用いた熱可塑性CFRP中間基材の開発”, Journal of Fiber Science and Technology, 77, 7,188-195, https://doi.org/10.2115/fiberst.2021-0019, 査読有, 2021. 材

Masaharu Hazawa, Shogo Amemori, Yoshio Nishiyama, Yoshihiro Iga, Yuki Iwashima, Akiko Kobayashi, Hirohisa Nagatani, Motohiro Mizuno, Kenji Takahashi, Richard W. Wong, “A light-switching pyrene probe to detect phase separated biomolecule”, iScience, 24, 8, https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102865, 査読有, 2021. 材 評

Y. Miyano, M. Nakada, S. Kageta, “Statistical Assessment of Tensile Static, Creep and Fatigue Strengths for Unidirectional CFRP”, Experimental Mechanics, 61, 7, 1171-1179, https://doi.org/10.1007/s11340-021-00711-y, 査読有, 2021. 評

J. Tanks, K. Naito, H. Ueda, “Characterization of the Static, Creep, and Fatigue Tensile Behavior of Basalt Fiber/Polypropylene Composite Rods for Passive Concrete Reinforcement”, Polymers, 13, 18, 3136-1-3136-13, https://doi.org/10.3390/polym13183136, 査読有, 2021. 材 評

Gyanendra Sharma, Kenji Takahashi, Kosuke Kuroda, “Polar zwitterion/saccharide-based deep eutectic solvents for cellulose processing”, Carbohydrate Polymers, 267, 118171, https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118171, 査読有, 2021. 材

布谷勝彦, 森大介, 鵜澤潔, “厚板CFRTP積層材の部分曲げ加工プロセスの開発と検証”, 強化プラスチックス, 67, 9, 382-387, 査読有, 2021. 製

保倉篤, 宮里心一, 鵜澤潔, 斉藤義弘, “土木分野における熱可塑性FRPに対するニーズ調査”, 強化プラスチックス, 67, 9, 388-393, 査読有, 2021. イ

R. A. Saari, M. S. Nasri, T. Kida, M. Yamaguchi, “Impact of magnesium salt on the mechanical and thermal properties of poly (vinyl alcohol)”, Polymers, 13, 21, 3760-3771, https://doi.org/10.3390/polym13213760, 査読有, 2021. 材

中田政之, 宮野靖, “マトリックス樹脂の粘弾性に基づく炭素繊維強化プラスチックの長期耐久性評価”, 接着の技術, 41, 3, 31-38, 査読有, 2021.（総説） 評

Osuke ishida, Junichi Kitada, Kiyoshi Uzawa, “High rate manufacturing of thick organo-sheet using fixed rollers double belt press”, SAMPE Journal, 57, 6, 20-25, 査読有, 2021. 製

K. Naito, C. Nagai, “Mode-I and mode-II interlaminar fracture properties of high modulus pitch-based carbon fiber reinforced polymers containing different nanostructures”, Journal of Composite Materials, 56, 3, 397-407, https://doi.org/10.1177/00219983211049289, 査読有, 2022. 材 評

Y. Tobata, K. Naito, J. Tanks, “Investigation of a Critical Separation Criterion for Mode I -Governed Fracture of Basalt Fiber/Polypropylene Rods via a Modified Double Cantilever Beam Test”, Composite Structures, 279, 114778--, https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.114778, 査読有, 2022. 材 評

K. Naito, C. Nagai, “Effects of temperature and water absorption on the interfacial mechanical properties of carbon/glass-reinforced thermoplastic epoxy hybrid composite rods”, Composite Structures, 282, 115103-1-115103-10, https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.115103, 査読有, 2022. 材 評

資料(ポスター集)目次

1. FRP 補強筋
   FRP 補強筋の開発 1
   FRP 補強筋の開発 －FRP 補強筋の長期耐久信頼性評価－ 2

2. 建築向け FRP パネル
   建築向け FRP パネル －建築向け FRP パネルの開発・耐火構造評価方法開発－ 3
   建築向け FRP パネル －耐火被覆構造の開発－ 4
   建築向け FRP パネル －耐火構造用マトリックス樹脂の開発－ 5
   床版 －床版(サンドイッチパネルの連続成形：土木分野向け)歩道橋等－ 6

3. “Carbon CUBE”
   建築向け FRP パネル －住宅向けパネル－ 7
   大型平板の成形技術(単板、サンドイッチ材) 8
   都市・住宅への革新材料の適用性及び建築ストックの実用化研究 9

4. テンションロッド
   テンションロッド、耐震補強 10
   テンションロッド(耐震補強) 11
   ロッド材の引抜成形技術 12
   引抜成形ストランドロッドの開発 13
   FRP 補強筋の開発 －CFRP の吸水下でのクリープ・疲労寿命の評価－ 14
   材料評価 －長期耐久性、耐候性等評価－ 15
   熱可塑性複合材料、革新材料の長期耐久性、耐候性等評価 16
   材料評価 17
   ナノ・ミクロレベルの信頼性評価技術の開発 18
   海洋構造物及び再生可能エネルギー利用分野への革新材料の実装技術検討 －海洋構造物への適用検討－ 19

5. 橋梁部材(PC 緊張材)
   橋梁部材(PC 緊張材) 、FRP 補強筋の開発 20
   橋梁部材(PC 緊張材) 21
   構造部材の材料評価・標準化 －FRP 緊張材を適用した橋梁の試設計－ 22
   社会インフラ(橋梁、トンネル、道路、鉄道等)への革新材料の実装技術検討 －土木分野への革新材料実装研究会－ 23
   社会インフラ(橋梁、トンネル、道路、鉄道等)への革新材料の実装技術検討 －FRP が用いられた橋梁の概要調査－ 24

6. 大型パネル(風力ブレード)
   浮体式垂直軸風車 25
   大型パネル(風力ブレード) 26
   海洋構造物及び再生可能エネルギー利用分野への革新材料の実装技術検討 －浮体式垂直軸風車－ 27

7. 大型パネル(硬翼帆)
   硬翼帆 28
   大型パネル(硬翼帆) 29
   海洋構造物及び再生可能エネルギー利用分野への革新材料の実装技術検討 30

8. グラウンドアンカー
   グラウンドアンカー 31
   グランドアンカー 32
   グラウンドアンカー －解析と評価－ 33
   マクロレベルの信頼性評価 34

9. プレス成形
   CFRTP プレス成形プロセスの仮想化製品モデルによる品質判定技術の開発 35
   検査技術 36
   スタンピング成形プロセス(立体成形、複雑形状) 37
   サーボプレスによる成形技術 38
   コミングル、牽切紡、長繊維 UD シート 39

10. ダブルベルトプレス
ダブルベルトプレス 40
ダブルベルトプレスによる連続製造プロセス（平板） 41
スタンパブルシート成形プロセス、製造装置の開発 42

11. 長尺構造材
長尺構造材 －連続プレス成形－ 43
長尺構造材 －ロールフォーミング－ 44
連続成形プロセス（長尺プロファイル材） 45
自動レイアップ装置の開発 46
ロールフォーミング技術の開発 47
現場施工曲げ加工技術 48
射出成形、RTM 成形 49

12. 中空部材
各種部材の現場重合引抜成形技術 50
ブレード（組紐）、中間基材の開発（中空部材） 51
ハイブリッド基材、成形技術の開発 －耐久性に必要な機能を必要な部位に限定的に効率よく付与する技術の開発－ 52

13. 接合技術
接合技術 53
レーザー溶接技術の開発 54
プラズマ処理技術の開発 －プラズマを用いた界面特性の向上、接合技術への適用－ 55
加工技術 56

14. 界面
高機能性材料、界面に関する技術開発 －大気圧プラズマ処理による界面最適化 CF ／母材プリプレグ自動・連続量産装置の開発－ 57
プラズマ処理技術の開発 －大気圧プラズマ処理による界面最適化 CF ／母材プリプレグ自動・連続量産装置の開発－ 58
高機能性材料、界面に関する技術開発 －新規相溶化剤の iPP-PAA の開発－ 59

15. ランダムシート
ランダムシート 60
ダブルベルトプレスによる連続製造プロセス（平板）、各種部材の現場重合引抜成形技術－熱可塑エポキシ樹脂の開発－ 61

16. PVA 高強度繊維
PVA 高強度繊維の開発 62
高機能性材料、繊維に関する技術開発 －高機能ナノカーボンの創成とコンポジット材料への展開－ 63
炭素系微細繊維の局在化を利用した複合材料の開発 64
ANC 製造技術及び利用技術の開発 65

17. バイオマス由来樹脂
セルロース樹脂 CFRP ペレットの開発 66
革新バイオ材料、樹脂に関する技術開発 －木質バイオマス由来のセルロース誘導体を母材とした熱可塑性 CFRP の開発－ 67
バイオマス由来低分子化合物をモノマーとした複合材料の開発 68
バイオマス由来高分子をベースとした複合材料の開発 69
高機能化木質系素材を用いた構造材の開発 70
バイオプランテーション技術の開発 71

18. 超耐熱樹脂
革新バイオ材料、樹脂に関する技術開発 －炭素繊維強化型バイオスーパーエンジニアリングプラスチックの開発－ 72
炭素繊維強化型バイオスーパーエンジニアリングプラスチックの開発 73

19. リサイクル
リサイクル（樹脂分解技術）、樹脂に関する技術開発 74
リサイクル技術 75
リサイクル技術 －熱可塑性樹脂複合材料のリサイクル技術開発－ 76

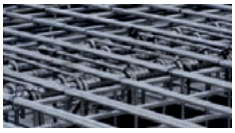
T-g FRP補強筋
1-a FRP補強筋の開発

社会実装の姿

金沢工業大学　上田久偉



クラックからの水分の侵入や塩害による鉄筋の腐食



鉄筋



FRPロッド（バサルト繊維／PP）



ガラス繊維製FRP筋
D13相当、80m巻

ターゲットユーザー

- 材料メーカー
- 建材メーカー
- 社会インフラ

ユーザーベネフィット

- コンクリートの長寿命化
- メンテナンスの軽減
- 社会コストの低減
- 軽量化

差別化のポイント

- 超高速引抜成形（1 m/sec.）
- 耐水性
- 耐腐食性
- 低コスト
- 軽量

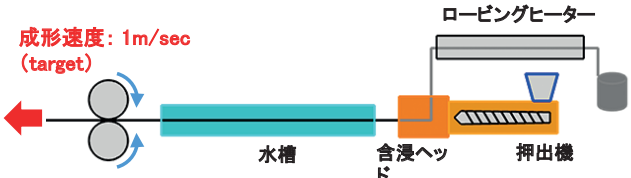
錆びない高性能で安価なFRP筋

フェーズⅢの成果

大学での成果

成形プロセス（超高速引抜成形）

PP　×　Basalt　Fiber、Glass Fiber、Carbon Fiber



熱可塑性樹脂（新技術）

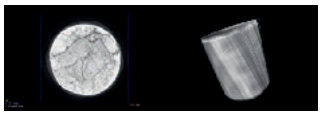
撚りをかけながら、引抜成形

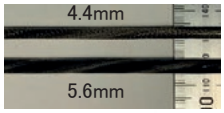
- 溶融樹脂による含浸
- 反応工程不要

溶融含浸（新技術）：3600m/hour (60m/min)

【比較】 成形性
現場重合型　75倍

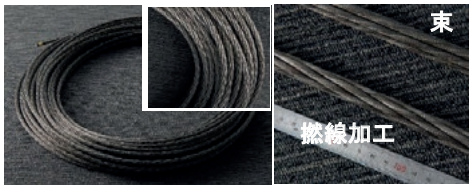
FRP補強筋（FRPストランドロッド）





PP樹脂によるコーティング層形成
・ハンドリング性、耐アルカリ性 good!

鉄筋相当の太径化（≧D13）



曲げ加工・二次加工可能（熱可塑性樹脂）



進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	○

COIプログラム終了後の取組

事業化の整備および橋渡し

繊維種の異なるFRP筋の開発（CFPP）

T-g FRP補強筋
1-a FRP補強筋の開発

– FRP補強筋の長期耐久信頼性評価 –

物質・材料研究機構（NIMS） 内藤公喜

社会実装の姿

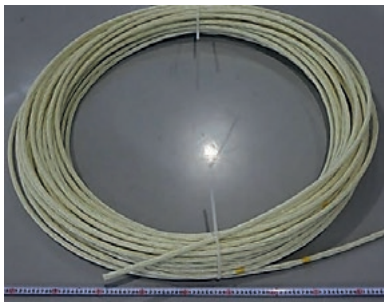


塩害等による鉄筋の腐食





土木構造物



ターゲットユーザー

- JR東海　他

ユーザーベネフィット

- 比強度、比剛性
- 耐腐食性
- 加工性

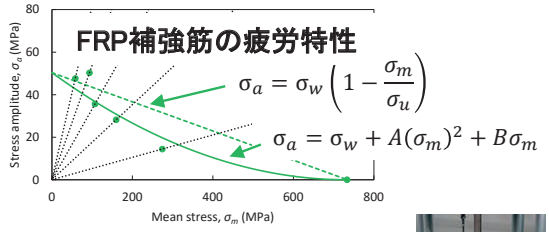
差別化のポイント

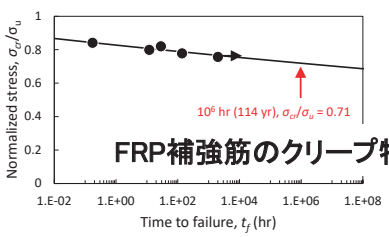
- 材料としての優位性
- 高速成形での低コスト化
- 構造物に適用できる
  疲労・クリープ負荷を含む
  長期耐久信頼性評価と
  損傷・破壊機構解明

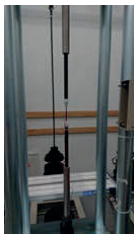
フェーズⅢの成果

大学での成果



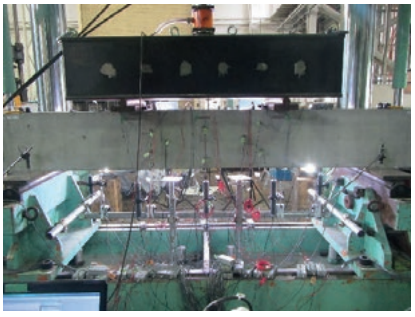






企業での成果

- コンクリート／FRP補強筋での床版作製、曲げ強度試験を実施、仕様を満足することを確認



進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	○

COIプログラム終了後の取組

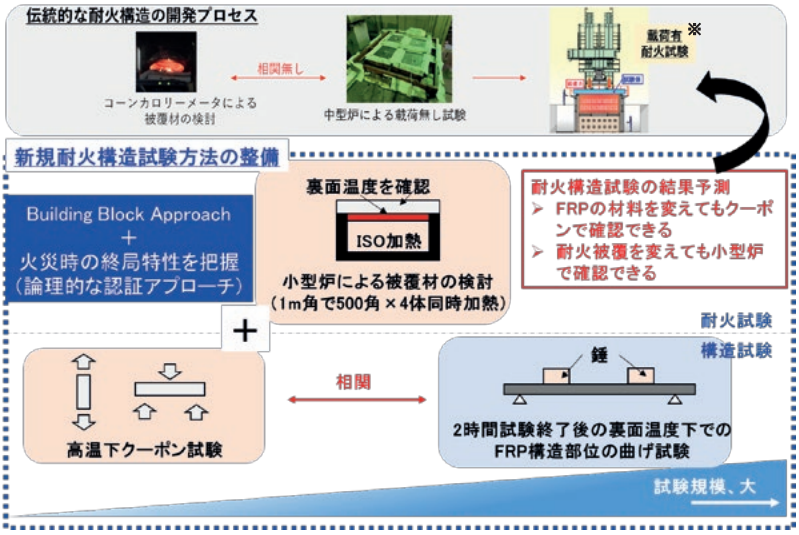
鉄筋代替としてコンクリートに適用するFRP補強筋の長期耐久信頼性データの蓄積、事業化に貢献、繊維種の異なるFRP補強筋の開発での長期耐久信頼性評価に注力、FRP補強筋の本事業とは異なる事業化に貢献。

T-a 建築向けFRPパネル
2-a 建築向けFRPパネルの開発

－建築向けFRPパネルの開発・耐火構造評価方法開発－

金沢工業大学　中島正憲

社会実装の姿



※ 出典：火災工学実験棟の紹介，大林組技術研究所報 No.70 2006

新規耐火構造評価方法コンセプト

ターゲットユーザー

- 建築関係、ゼネコン等

ユーザーベネフィット

- FRPパネル床版の耐火構造の大臣認定までのトライアンドエラーが削減可能。
- FRPパネル床版の開発期間、コストを削減できる。
- 軽量化による施工性向上。

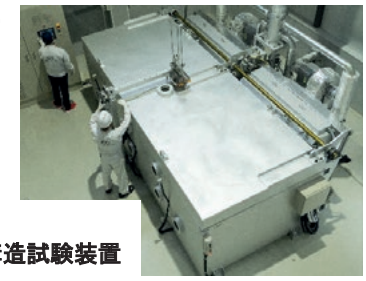
差別化のポイント

- 従来の大臣認定プロセスは鉄筋コンクリートベースとなっているので、FRPパネル床版に適した認定工程を建築業界に提示。

フェーズⅢの成果

大学での成果

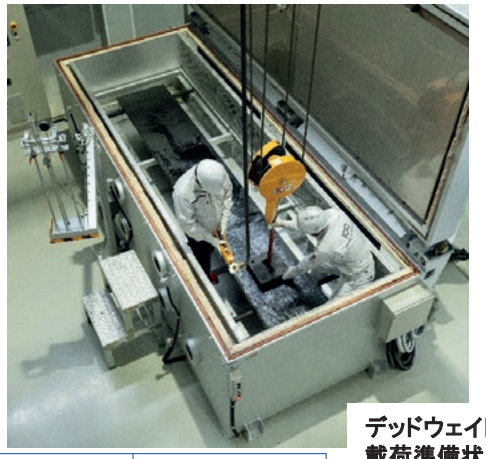
- 耐火被覆材のコンセプト確立。
- 大型高温構造試験装置導入。
- 耐火試験、クーポン試験、大型高温構造試験結果の相関性を確認中。（COI終了後、共同研究の枠組みで検証する。）



導入した
大型高温構造試験装置

企業での成果

- COI終了後に検証試験を実施する。



デッドウェイトによる
載荷準備状況

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○		

COIプログラム終了後の取組

ゼネコンとの共同研究により、FRPパネル床版の認定標準化を目指す。

T-a 建築向けFRPパネル

－耐火被覆構造の開発－

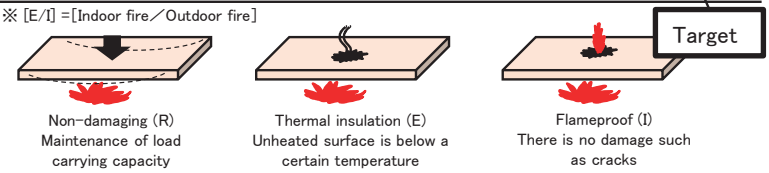
社会実装の姿

金沢工業大学　高岩裕也

Table Fireproof performance defined in Japanese building standards

Structure element type				Required performance (Required time (minutes))		
				Upper floor number		
				0-3	4-13	14-
Column, Beam				R60	R120	R180
Wall	Bearing wall	Inner wall		R60+I60	R120+I60	
		Outer wall		R60+E60/I60	R120+E60/I60	
	Non-bearing wall	Inner wall		I60		
		Outer wall	Burning hazard	E60/I60		
			No burning hazard	E30/I30		
Slab				R60+I60	R120+I60	
Roof				R30＋E30/-		
Stairs				R30		

※ [E/I] =[Indoor fire／Outdoor fire]



Non-damaging (R)
Maintenance of load carrying capacity

Thermal insulation (E)
Unheated surface is below a certain temperature

Flameproof (I)
There is no damage such as cracks

ターゲットユーザー

・建築関係，ゼネコン等

ユーザーベネフィット

・高温度下で長時間に耐えうるFRPの難燃化は極めて困難であるため，FRP向けの耐火被覆構造の開発

差別化のポイント

・FRPの軽量性を損なわない耐火被覆構造の軽量化

フェーズⅢの成果

大学での成果

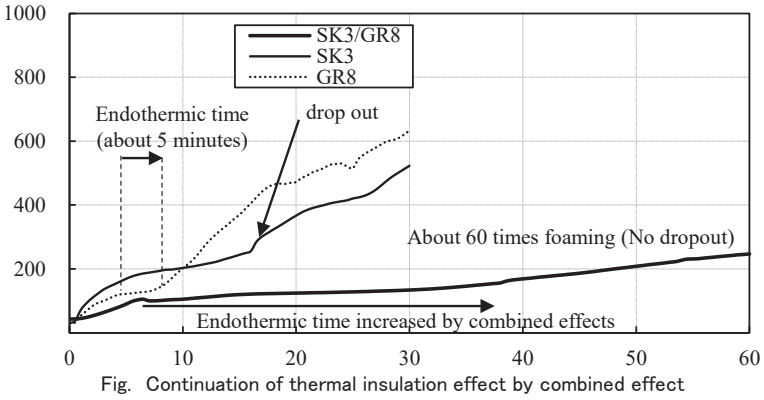
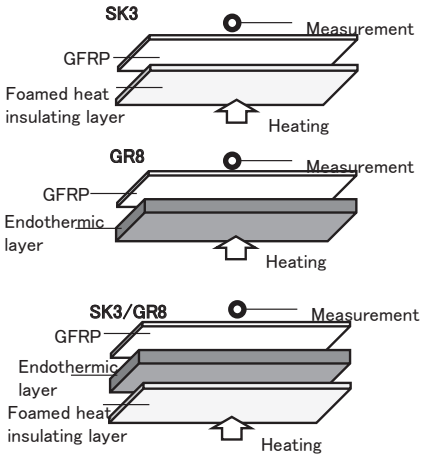


Fig. Continuation of thermal insulation effect by combined effect



・耐火層の複合化した耐火被覆を開発し，無載荷の耐火試験によって性能を確認した.

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

COIプログラム終了後の取組

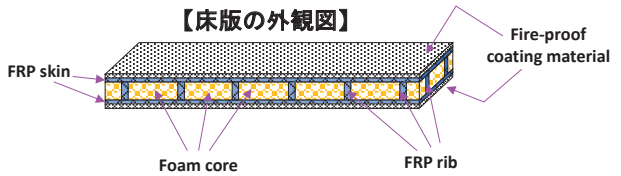
有載荷による耐火構造試験に適応してFRPの構造部材としての適応可能性を検証していく

T-a 建築向けFRPパネル
2-a 建築向けFRPパネルの開発

－耐火構造用マトリックス樹脂の開発－

金沢工業大学　西田裕文

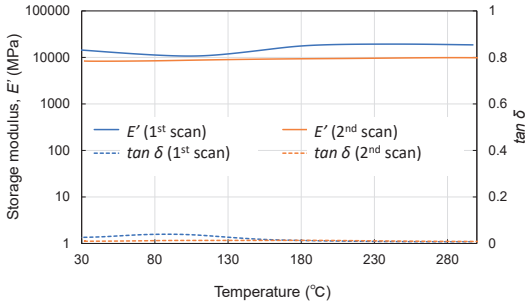
社会実装の姿



耐火被覆材を使用した床版において、2時間耐火試験をクリアするためには、200℃での載荷性が必要。

FRP部分のマトリックス樹脂には250℃以上のガラス転移温度（T_g）が必要となる。

右図は、80℃硬化で作製したGFRPの動的粘弾性測定結果。 250℃に昇温しても25℃での貯蔵弾性率を100%維持している。



ターゲットユーザー

- 建材メーカー
- 建設会社

ユーザーベネフィット

- 80℃硬化でもT_g≧250℃の耐熱性が得られる。
- VaRTMなどの従来の工程で床版が製造可能。
- 軽量化により基礎工事などのコストが飛躍的に削減。

差別化のポイント

- 低粘度、低温硬化の高い作業性と、高耐熱の両立。

フェーズⅢの成果

大学での成果

- 低温硬化でも高いT_gが得られる硬化の仕組みを確立した。
- 本硬化系を実際のFRP製造に適用する際の反応発熱由来の蓄熱と放熱のバランスを考慮した反応速度調節を行なった。
- また、高温下での載荷性能評価の手法を確立し、本樹脂をマトリックスとして用いたFRPに関し評価した結果、火災時も十分な載荷性能を発揮し得ることを実証した。
- 更に耐火被覆材を薄くした軽量化を想定した場合にも対応できる500℃耐熱用マトリックスとして、ケイ素酸化物骨格系樹脂の開発にも成功した。

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

COIプログラム終了後の取組

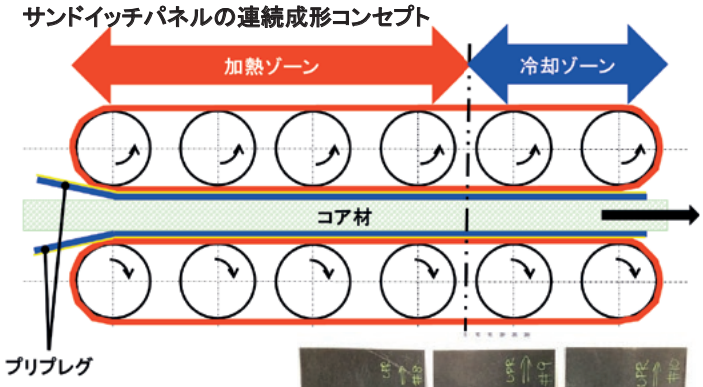
樹脂量産化のための低コスト化の検討、現実の建築物への適用を目指すとともに、本樹脂技術の応用展開も模索する。

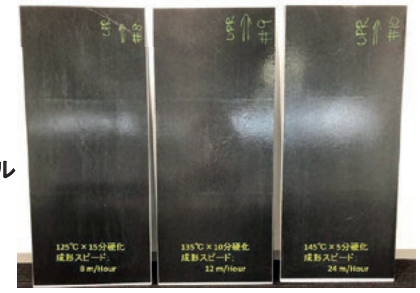
T-h 床版

－床版（サンドイッチパネルの連続成形：土木分野向け）歩道橋等－

IPCO（株）、（株）JSP、
金沢工業大学　中島正憲

社会実装の姿





連続成形した
サンドイッチパネル

ターゲットユーザー

FRPサンドイッチパネル床版による軽量構造を必要とする、土木建築分野施工業者。

ユーザーベネフィット

- 低コストなFRPパネルの調達が容易になる。
- FRPパネルを導入した場合、高生産性を実現できる。
- 軽量化による施工性向上。

差別化のポイント

引抜成形技術と比較して、

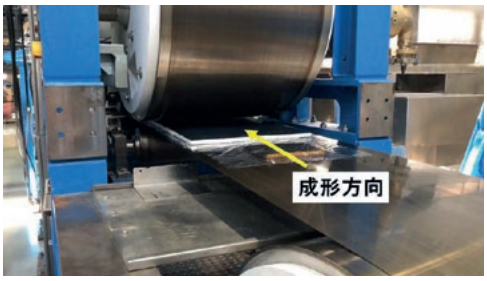
- 材料歩留まりの向上が期待できる。
- FRPパネルの高さへの対応が簡単にできる。

フェーズⅢの成果

大学での成果

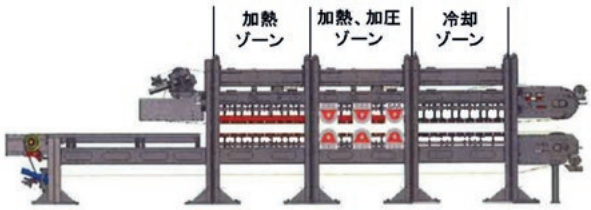
既存のダブルベルトプレス機の小規模改修により、

- FRPサンドイッチパネルの連続成形デモンストレーションを実施した。
- 既存装置の課題を抽出した。



企業での成果

- FRPサンドイッチパネルの連続成形装置コンセプトが確立できた。



- 連続成形に適用可能なコア材の目処が立った。



ポリ乳酸コア

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

COIプログラム終了後の取組

デモンストレーションパーツを展示会などでアピール。実際の構造物への適用を目指す。

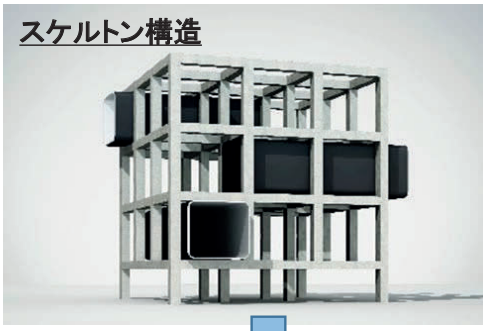
T-a 建築向けFRPパネル

－住宅向けパネル－

社会実装の姿

大和ハウス工業(株)、東レ(株)、金沢工業大学

スケルトン構造



スケルトン・インフィル構造の集合住宅



ターゲットユーザー

・集合住宅の建築メーカー
・集合住宅の建設・施工メーカー

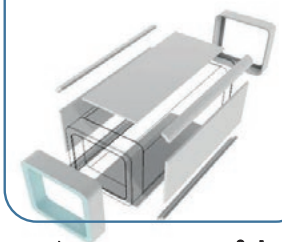
ユーザーベネフィット

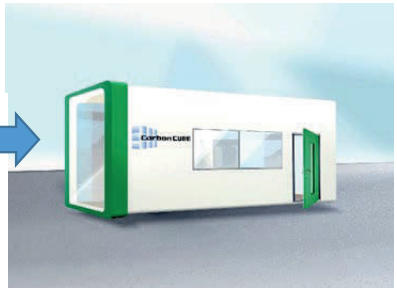
・材料が軽量で、現場施工も容易
・省人化が可能で、短納期が可能

差別化のポイント

・パネル材が軽量で、組立が容易
・施工が容易な“Carbon CUBE”構造

アフォーダンス
に優れた組立性



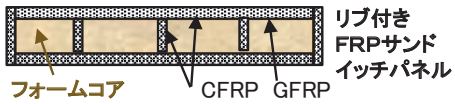


インフィル：パネル構成の“Carbon CUBE”

フェーズⅡの成果

大学での成果

床パネルへの要求性能 ⟶



企業での成果

下表に関する評価試験を実施し、課題を明確化すると共に、耐火性能以外は、可能性が有ること確認した（但し、音響性能については改善が必要）

評価項目	曲げ試験	局部載荷試験	衝撃試験	音響試験	断熱試験
	3点曲げ	3点曲げ	サンドバッグ落下方式	空気音遮断性能	熱貫流率
試験結果	最大荷重 70.50 kN	最大荷重 70.50 kN	破壊なし	R r-17	0.53w/m^{2}以下
	○	○	○	△	○

フェーズⅢ以降の取組

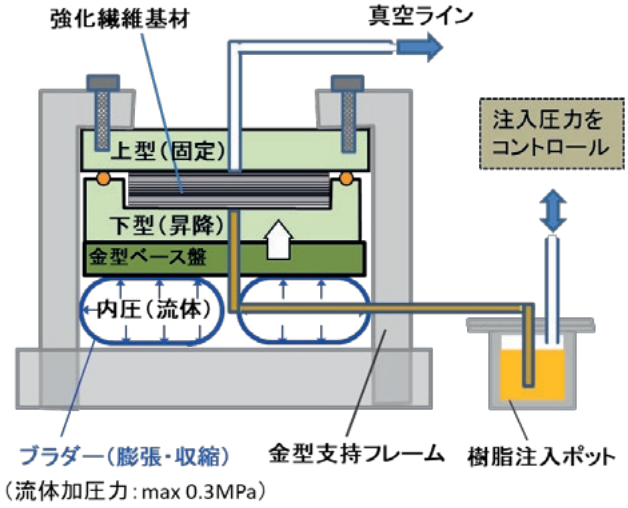
進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

住宅用FRP製サンドイッチパネルの耐火性能開発；耐火材の選定、評価試験の実施

1-a-2 大型平板の成形技術（単板、サンドイッチ材）

社会実装の姿

東レ(株)、金沢工業大学



新規・簡易VaRTM装置のイメージ図

ターゲットユーザー

・建材用FRPパネル(サンドイッチ板)製造メーカー

ユーザーベネフィット

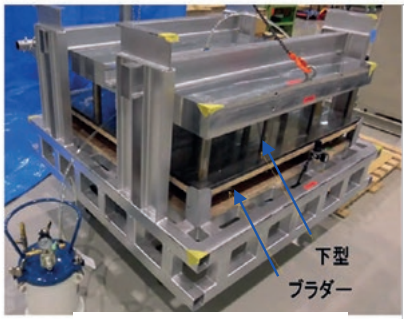
・FRP製造設備投資の大幅な低減が可能
・大量生産時は省力化がし易く、省人化が図り易い

差別化のポイント

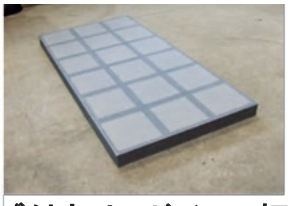
・油圧設備が不要な成形装置 従って、設備投資が低い
・VaRTM成形法ながら、バギングレスなため、タクトが短い

フェーズⅠの成果

大学での成果



簡易RTM成形試験装置



CFRPリブ付きサンドイッチ板・試作品

(1)建築材料用FRP部材として各種特徴(機能的メリット)を発揮するサンドイッチパネルに決定

(2)成形プロセスコストの低減:少量から大量生産が可能な簡易RTM成形法を選定

(3)成形設備の低価格化を達成:油圧使用設備を用いない『簡易RTM成形装置』の試作装置設置、成形機能を実証

企業での成果

・簡易RTM成形試験装置による試作成形FRPサンドイッチパネルによって、建築材料に必要な諸特性試験が実施出来た。

フェーズⅡ以降の取組

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
(開発ステージ)	○	○	

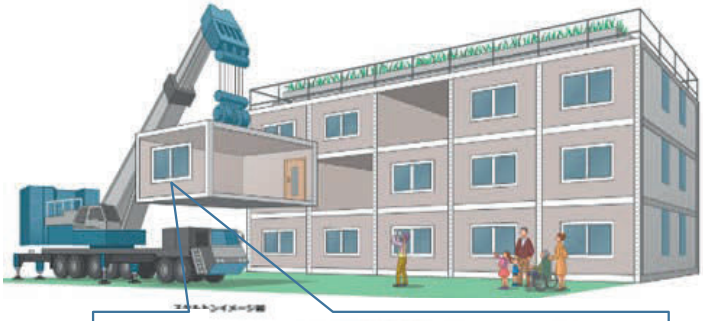
実用化に向けた要素技術の開発 ； 自動脱型／シール技術の検討

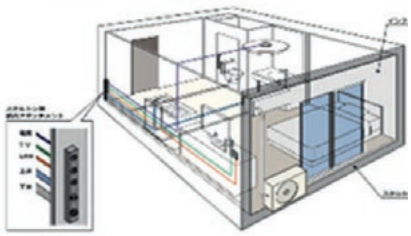
3-②-a 都市・住宅への革新材料の適用性及び建築ストックの実用化研究

社会実装の姿

大和ハウス工業(株)、東レ(株)、金沢工業大学

各住宅単位で移築可能な集合住宅イメージ





・インフィル(各住宅)はユニット構造
・インフラ(水道、ガス、電気、通信)用配管は側面パネルにインサート成形

ターゲットユーザー

・集合住宅の建設メーカー

ユーザーベネフィット

・施工が容易で、建設費が比較的安価
・短納期化が可能
・インフィルは軽量でコンパクトな構造なため、施工の省人化が可能
・用役ラインをパネルに内蔵

差別化のポイント

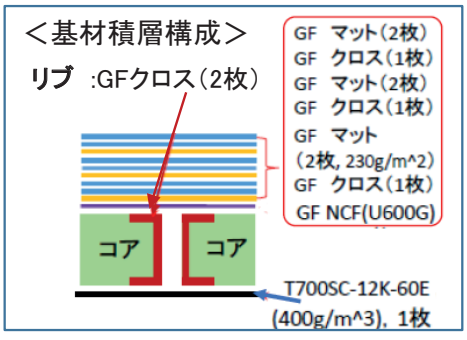
・スケルトン／インフィル構造の集合住宅
・施工の省力化／易組立性
・インフィルの軽量化による移築の容易性
・耐食性／高耐久性

フェーズⅠの成果

大学での成果

FRP材料の住宅材料への適合性の構築

・住宅用リブ付きサンドイッチパネルの創出
・住宅への適合可能な材料設計の確立

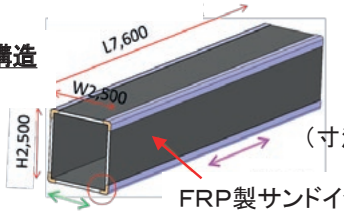


企業での成果

FRP材料の住宅材料への適用の創出

・集合住宅としてスケルトン／インフィル(SI)建築構造を検討し、決定
・リブ付きサンドイッチパネルによる四面体構造を創出

インフィル構造のイメージ



進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
(開発ステージ)	○	○	

フェーズⅡ以降の取組

・インフィル構造の仕様決定及び構造設計
・リブ付きFRPサンドイッチパネルの住宅材への適用性評価試験の実施

連携プロジェクト5 テンションロッド、耐震補強

社会実装の姿

小松マテーレ（株）

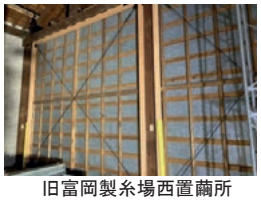
○耐震補強　実施例

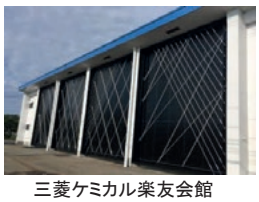

『fa-bo』


善光寺経蔵


富岡倉庫3号倉庫


二条城雁之間


旧富岡製糸場西置繭所


三菱ケミカル楽友会館


富士屋ホテル花御殿


富岡倉庫1号倉庫


美川IC　雪氷詰所


清水寺


三菱ケミカルハイテクニカ


中尾食品工業工場棟

○テンションロッド　実施例


昇降式ホーム柵（JR六甲道駅）


能美根上スマートICモニュメント


スターバックス・カフェ


G20　展示会場


北千住駅西口美観商店街


原宿TWビルモニュメント

ターゲットユーザー

・建築設計者
・施主

ユーザーベネフィット

・軽量、高強度、錆びない
・長寿命、メンテナンスフリー

差別化のポイント

・繊細でしなやかな
　デザイン性
・施工性

市場規模

・10億（2025年）


フレスポ東日暮里


福井銀行本店建替プロジェクト

COIプログラム終了後の取組

2019年11月に耐震補強より線として、JISが制定されたが、個別毎に端部仕様の強度を測定しながら、木造建物等の耐震補強を施工してきた。しかし、広く全国の工務店等で使ってもらう為には、単にCABKOMA端部仕様のみでは使い難く、建物に接合する金物の標準化が必要である為、これまでの施工例を整理し、建物と接合に用いる金物の標準化を推進する。

T-b テンションロッド（耐震補強）

社会実装の姿

金沢工業大学、小松マテーレ(株)

ワイヤーや鉄筋、緊張材等の代替えとして、実証データの蓄積による標準化、規格化を推進する取組を行っている。耐震補強材としては、木造建築の文化財などへの耐震補強を中心としての適用が進んだ。これまでに、善光寺「経蔵」、民間個人住宅（千葉県）、ホテル・リゾート複合施設敷地内のカフェに採用、施工された。





・定着方法の検討（端部の接合バリエーションの増加）
・木造建築の耐震補強の構造計算に必要な壁倍率の測定に適した端部の接合方法の検討
・新市場創造型標準化制度により、ロッド部材のJIS化を進める。

ターゲットユーザー

・建築設計者
・施主

ユーザーベネフィット

・軽量、高強度、錆びない
・長寿命、メンテナンスフリー

差別化のポイント

・繊細でしなやかなデザイン性
・施工性

フェーズⅡの成果

大学での成果

JIS化については予定より審議に時間を要しているが来年度にはJIS化される見通しであり引き続き取組んでいく。

企業での成果

木造建築の耐震補強用途での採用が進み、さらに駅ホームの転落防止柵として採用されるなど、社会実装に実績を拡大している。

○施工実績

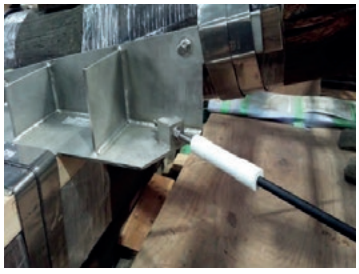
富岡3号倉庫の耐震補強用ブレース



昇降式ホーム柵用カーボンロープ



二条城の耐震補強用ブレース



進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）		○	○

フェーズⅢ以降の取組

連携プロジェクトへ

実績の拡大と新たな用途展開に取組むとともに、ロッドの量産化に向けた製造技術や品質の向上等の残された技術課題にも取組んでいく。

1-a-4 ロッド材の引抜成形技術

社会実装の姿

金沢工業大学、岐阜大学、小松マテーレ（株）

1）ワイヤーや鉄筋、緊張材等の代替えとして実用化開発を進め、自社内建屋での耐震補強材としての実証試験を開始することで、実証データの蓄積により標準化、規格化を推進する取組を行っている。



ボイド低減の試み
①回転加熱絞りダイスを用いた実機試作
②超音波振動を用いた実機試作

2）コンクリート補強筋における鉄筋代替となるFRPロッドの作製を目的に、ガラス繊維やバサルト繊維を用いたロッド材の引抜成形について、樹脂の選定や引抜速度、撚り角度などの諸条件に対する、成形品品質（含浸性、表面性状）の制御技術の構築、装置改良を行う。また、鉄筋相当のロッド材の太径化を行う。
・ロッド径4mm
・ボイド率2%以下

ターゲットユーザー

・建築設計者
・施主
・土木工事業者

ユーザーベネフィット

・軽量、高強度、錆びない
・長寿命、メンテナンスフリー
・非磁性

差別化のポイント

・繊細でしなやかなデザイン性
・施工性
・低コスト

フェーズⅡの成果

大学での成果

1）①②ともに思ったほどボイド低減の効果は得られなかった。
採用実績は少しずつではあるが、伸びてきた。（T-b参照）

2）10m／minの成形速度で安定的な引抜成形可能。
長さ50m程度は均一で安定的な成形が可能。
ストランド径4mm、撚り線加工による太径化の試作を行った。
ボイド率は10－20%と非常に多い。





GFPP撚線

企業での成果

富岡製糸場西置繭所
の耐震補強用ブレース



進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）		○	○

フェーズⅢ以降の取組

タスクチーム化（T-g）
ボイドの減少、原因の解明、装置改良
低磁性繊維（バサルト、耐アルカリガラス）FRP筋を用いた載荷試験や実証試験を計画
塩害対策や曲げ加工など現場施工性等の課題を抽出し、実証試験を計画

2-②-g 引抜成形ストランドロッドの開発

社会実装の姿

金沢工業大学、小松マテーレ（株）

ワイヤーや鉄筋、緊張材等の代替えとして実用化開発を進め、自社内建屋での耐震補強材としての実証試験を開始することで、実証データの蓄積により標準化、規格化を推進する取組を行っている。



ボイド低減の試み

①無溶剤熱硬化性エポキシ樹脂を用いたラボ試作

②加熱絞りダイスを用いたラボ試作

③加熱絞りダイスを用いた実機試作

④回転絞り、加熱絞りダイスを用いた実機試作

⑤ダイスによる加熱・加圧方法のラボ試作

ターゲットユーザー

・建築設計者
・施主

ユーザーベネフィット

・軽量、高強度、錆びない
・長寿命、メンテナンスフリー

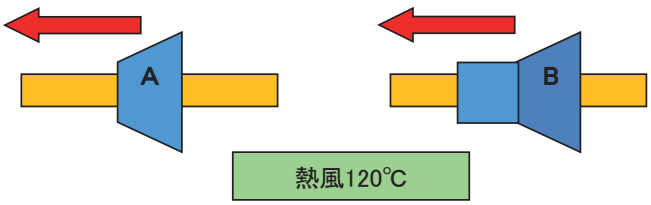
差別化のポイント

・繊細でしなやかなデザイン性
・施工性

フェーズⅠの成果

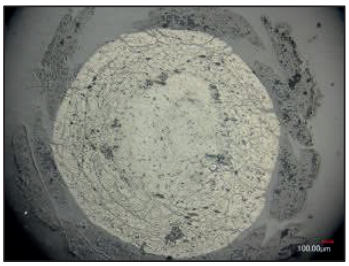
大学での成果

・加熱絞りダイスによるボイド低減の確認
　ストランドロッドの品質向上については、加熱絞りの方法により一定の効果が見られたものの、更に効果的な加工方法や連続加工時の工程通過性に関して詰めていきたい。



加熱絞りダイスの構造（2種類 A, B）

企業での成果



断面顕微鏡写真

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

フェーズⅡ以降の取組

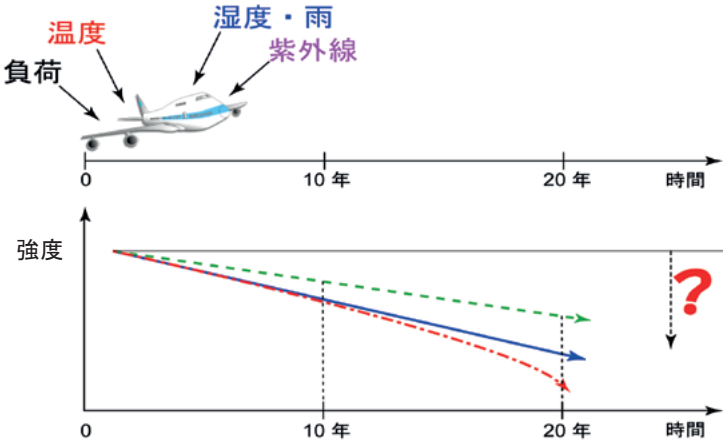
1−a−4 ： ロッド材の引抜成形技術 （熱可塑エポキシ樹脂）
・ボイドの低減、
・端部接合技術の開発
・端部冶具のFRP化

T-g FRP補強筋
1-a FRP補強筋の開発

－CFRPの吸水下でのクリープ・疲労寿命の評価－

金沢工業大学　中田政之、宮野靖、森澤洋子

社会実装の姿



・高信頼性構造物へのCFRPの適用
・強度低下を正確に予測する必要性
・耐久性を保証する手法の確立

ターゲットユーザー

CFRPの長期耐久性を保証しなければならない設計技術者

ユーザーベネフィット

・構造物の長期耐久性の保証
・構造物の維持管理コストの低減

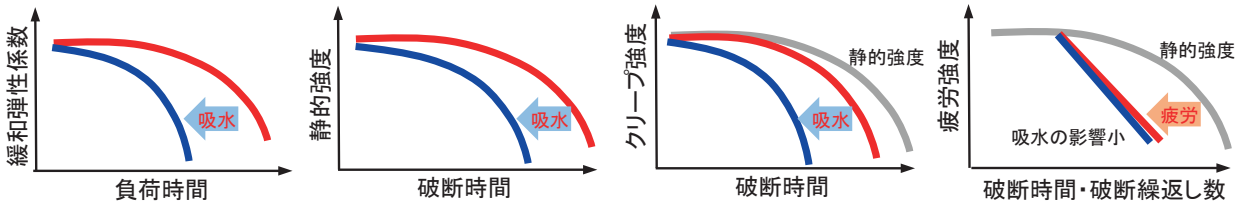
差別化のポイント

科学的根拠に裏付けされた耐久性設計法

フェーズⅢの成果

★炭素繊維/熱可塑エポキシ樹脂の一方向CFRPの吸水下でのクリープ・疲労寿命を評価

樹脂の粘弾性	CFRPの静的強度	CFRPのクリープ強度	CFRPの疲労強度
負荷時間による低下は吸水により加速される	破断時間は吸水により加速される	破断時間は静的よりも短縮され，吸水によりさらに加速される	破断時間はかなり短縮されるが，吸水してもさほど変化しない



★樹脂の緩和弾性係数の負荷時間による低下は吸水により加速
⇒ CFRPの静的，クリープ，疲労の破断時間（寿命）は吸水により短縮
短縮の度合いは静的，クリープ，疲労の負荷形態によってそれぞれ異なる

COIプログラム終了後の取組

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）			○

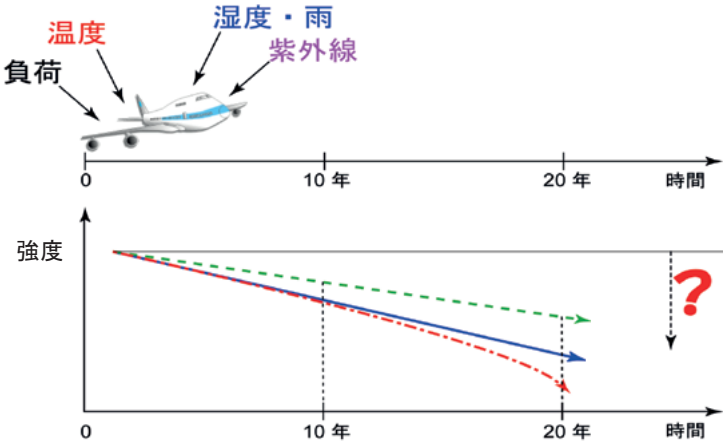
コンクリート補強用の一方向CFRPの環境劣化をともなうクリープ・疲労寿命予測法の構築と評価

2-b-1 材料評価

– 長期耐久性、耐候性等評価 –

社会実装の姿

金沢工業大学　中田政之、宮野靖、森澤洋子



・高信頼性構造物へのCFRPの適用
・強度低下を正確に予測する必要性
・耐久性を保証する手法の確立

ターゲットユーザー

CFRPの長期耐久性を保証しなければならない設計技術者

ユーザーベネフィット

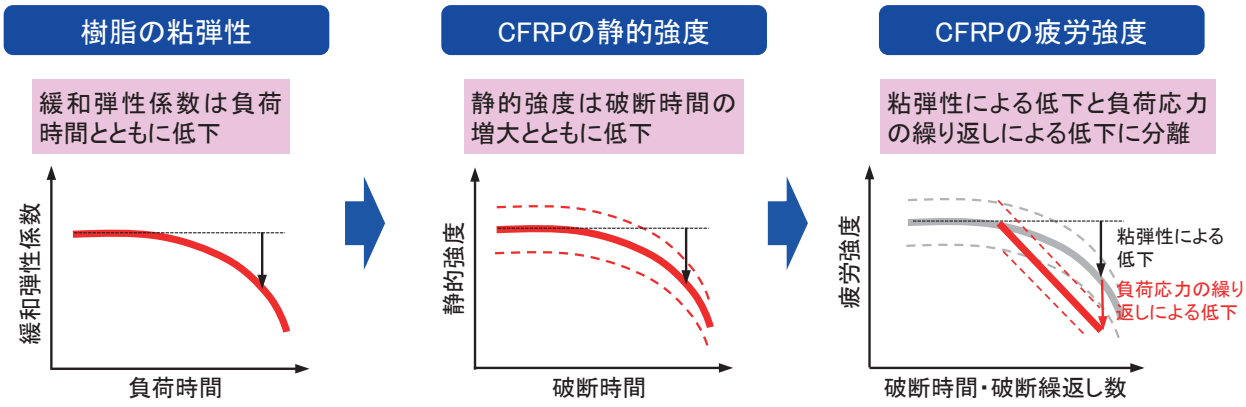
・構造物の長期耐久性の保証
・構造物の維持管理コストの低減

差別化のポイント

科学的根拠に裏付けされた耐久性設計法

フェーズⅡの成果

★フェーズ1で開発したクリープ寿命の推定法を疲労寿命まで拡張



★炭素繊維/熱可塑エポキシ樹脂の一方向CFRPに対する本手法の適用性を検証

フェーズⅢ以降の取組

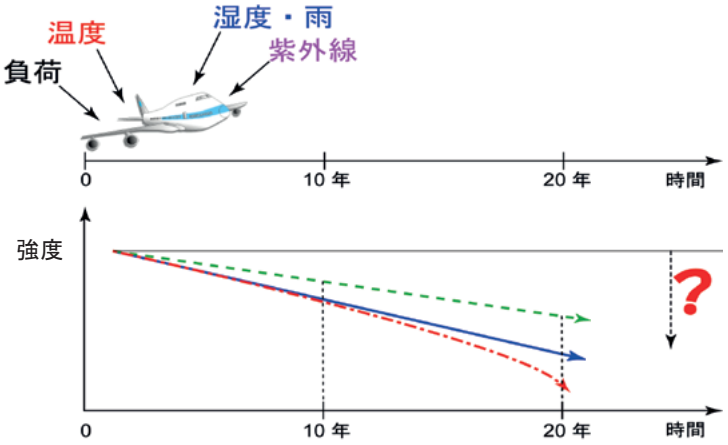
進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）		○	

炭素繊維/熱可塑エポキシ樹脂の一方向CFRPの吸水環境下でのクリープ・疲労寿命の評価

3-①-b 熱可塑性複合材料、革新材料の長期耐久性、耐候性等評価

社会実装の姿

金沢工業大学　中田政之、宮野靖、森澤洋子



・高信頼性構造物へのCFRPの適用
・強度低下を正確に予測する必要性
・耐久性を保証する手法の確立

ターゲットユーザー

CFRPの長期耐久性を保証しなければならない設計技術者

ユーザーベネフィット

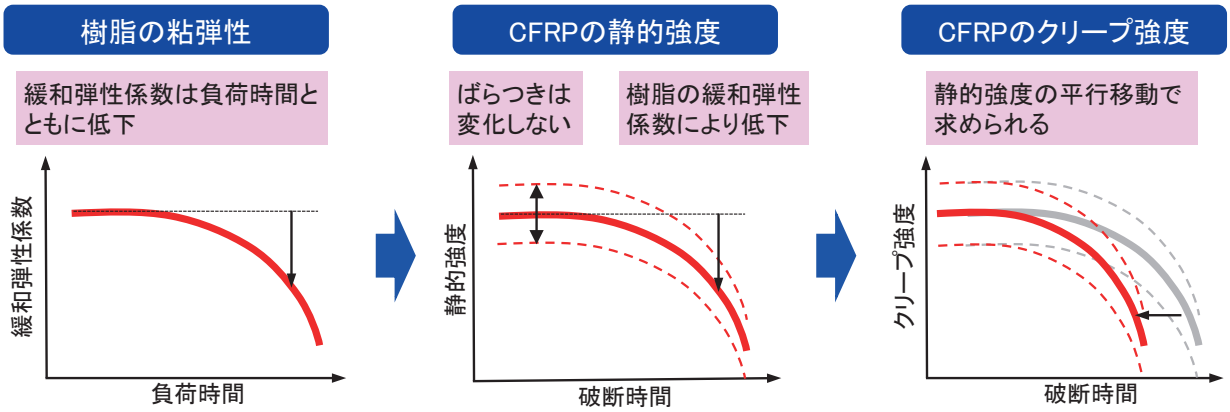
・構造物の長期耐久性の保証
・構造物の維持管理コストの低減

差別化のポイント

科学的根拠に裏付けされた耐久性設計法

フェーズⅠの成果

★CFRPのクリープ破断時間とそのばらつきを推定する手法を構築



★炭素繊維/熱可塑エポキシ樹脂の一方向CFRPに対する本手法の適用性を検証

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○		

フェーズⅡ以降の取組

CFRPの疲労強度を推定する手法の構築と炭素繊維/熱可塑エポキシ樹脂の一方向CFRPの疲労強度の評価

2-b-1 材料評価

社会実装の姿

物質・材料研究機構（NIMS） 内藤公喜



ターゲットユーザー

- 洋上風力発電プラットホーム
- グラウンドアンカー・床版
- 耐震補強

ユーザーベネフィット

- 比強度、比剛性
- 耐腐食性
- 意匠性、加工性

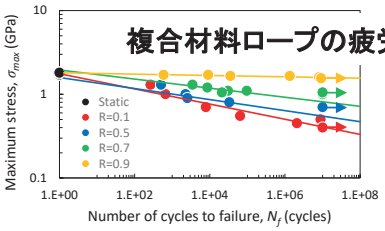
差別化のポイント

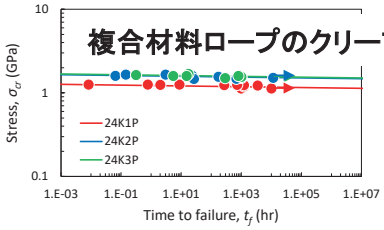
- 材料としての優位性
- 全構造物に適用できる
  疲労・クリープ負荷を含む
  長期耐久信頼性評価と
  損傷・破壊機構解明

フェーズⅡの成果

大学での成果









企業での成果

- 信頼性データの蓄積により比強度、比剛性、耐腐食性、意匠性、加工性を兼ね備えた材料として適用例拡大





JEC INNOVATION AWARDS Paris 2018 Construction & Infrastructure（建築＆インフラ部門）

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	○

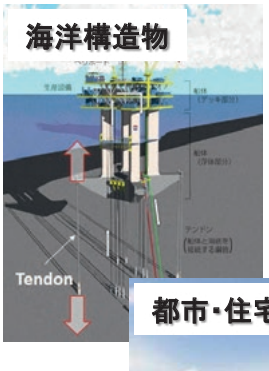
フェーズⅢ以降の取組

複合材料ロッドでは実証・事業化に進む研究成果を得た。本評価マネジメント技術を活用し、鉄筋代替としてコンクリートに適用するFRP補強筋の開発、特に、長期耐久信頼性評価に注力、事業化に貢献。

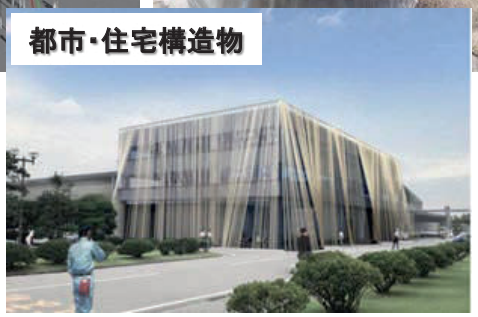
3-①-a ナノ・ミクロレベルの信頼性評価技術の開発

社会実装の姿

物質・材料研究機構（NIMS）　内藤公喜







ターゲットユーザー

- 洋上風力発電プラットホーム
- グラウンドアンカー・床版
- 耐震補強

ユーザーベネフィット

- 比強度、比剛性
- 耐腐食性
- 意匠性、加工性（後加工性）

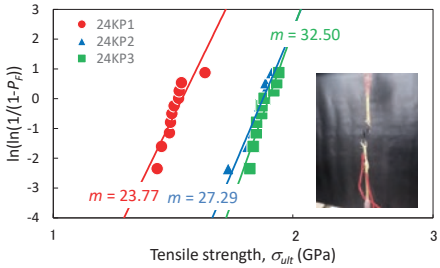
差別化のポイント

- 材料としての優位性
- 全構造物に適用できる力学特性の評価とナノ・ミクロレベルの試験及び損傷・破壊機構解明

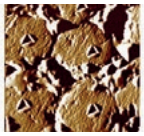
フェーズⅠの成果

大学での成果

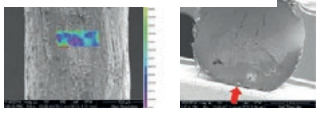
複合材料ロッドの引張強度のワイブル分布



ナノインデンテーションによる各材料の弾性率評価



ロッドの圧縮破壊挙動



ロッドの界面せん断挙動



企業での成果

- 自社ビルの比強度、比剛性、耐腐食性、意匠性、加工性を兼ね備えた耐震補強材料として適用



進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	○

フェーズⅡ以降の取組

プロジェクト初期段階から先行して実証・事業化が進められている複合材料ロッドの基盤技術・材料評価として本材料の長期耐久（疲労・クリープ）信頼性評価に注力、本材料の更なる実証・事業化に貢献。

3-②-c 海洋構造物及び再生可能エネルギー利用分野への革新材料の実装技術検討

– 海洋構造物への適用検討 –

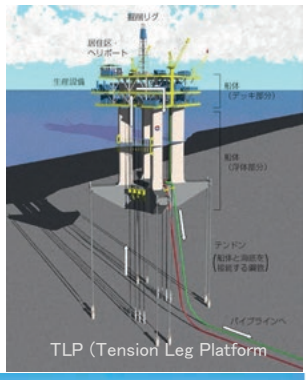
三井海洋開発(株)　清水徹

社会実装の姿

軽くて強く腐食しない革新素材の特性を活かし従来の技術では開発できない大水深海域での海洋開発、高機能化を可能にする。



浮体式洋上風力発電



TLP (Tension Leg Platform



FPSO (Floating Production, Storage & Offloading)

ターゲットユーザー

- 海洋開発に携わる企業

ユーザーベネフィット

- 従来の鋼製材料では不可能であった大水深海域の開発が可能となる
- 軽量化により同程度の浮体により高機能な設備を搭載可能

差別化のポイント

- 軽量化に伴う設置工事の削減によるコスト優位性を実証

フェーズⅠの成果

大学での成果

- 要求される仕様を基に材料性能の確認、向上を目指す

企業での成果

- TLPのテンドンで採用することを念頭に要求される仕様を検討、また設置工事を含めた鋼製テンドンとのコスト比較検討
- 洋上風力発電の風車のブレード制作においてその適用可能性の検討および鋼製と革新材料のコスト比較検討
- その他海洋油田開発で使用されるフレキシブルライザーやドリリングライザーへの適用可能性の検討

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
(開発ステージ)	○		

フェーズⅡ以降の取組

COIでの検討は終了し、引き続き企業にて海洋構造物の機能向上、補修において革新材料の適用を進める。

T-c 橋梁部材（PC緊張材）
1-a FRP補強筋の開発

社会実装の姿

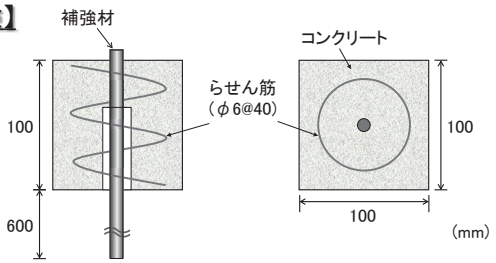
金沢工業大学

FRP補強筋を用いたコンクリート構造体

ターゲットユーザー	ユーザーベネフィット	差別化のポイント
・発注者，管理者 ・設計者，施工者	・コンクリート用補強筋としての適用 ・PC緊張材としての適用	・高強度 ・耐食性

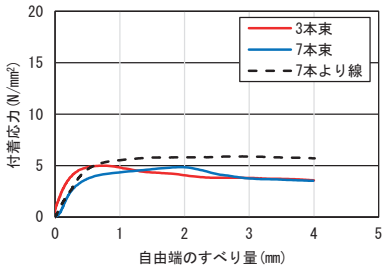
フェーズⅢの成果

【引抜き試験】



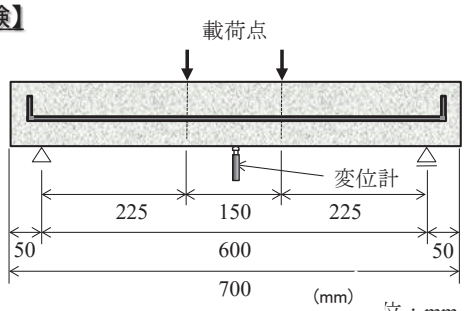
（a） 正面図　　（b）断面図

補強筋とコンクリートとの付着試験供試体概要



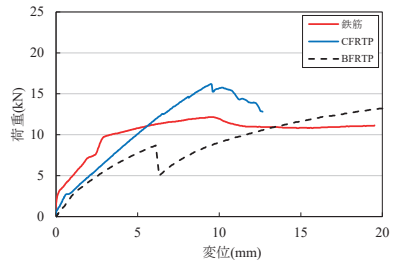
BFRTPにおける付着応力ーすべり量変位曲線
（本数と結束方法による影響）

【曲げ載荷試験】



単位：mm

補強筋とコンクリートとの付着試験供試体概要



BFRTPにおける付着応力ーすべり量変位曲線
（本数と結束方法による影響）

【引抜き試験】
BFRTPの3本および7本のストレート束と，7本よりのストランドいずれも，同様の付着強度であることを確認できた．

【曲げ載荷試験】
最大荷重はCFRTPが最も大きく，BFRTPおよび鉄筋の順になることを確認できた．また，BFPPを用いた供試体が最も靭性が大きいことを確認できた．

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

COIプログラム終了後の取組

BFPPが設計値として採用されるように、データを蓄積する。

T-c 橋梁部材（PC緊張材）

社会実装の姿

金沢工業大学

コンクリート橋（PC橋）の緊張材および補強筋におけるFRTPの土木分野への適用

ターゲットユーザー
- 発注者，管理者
- 設計者，施工者
- メーカー

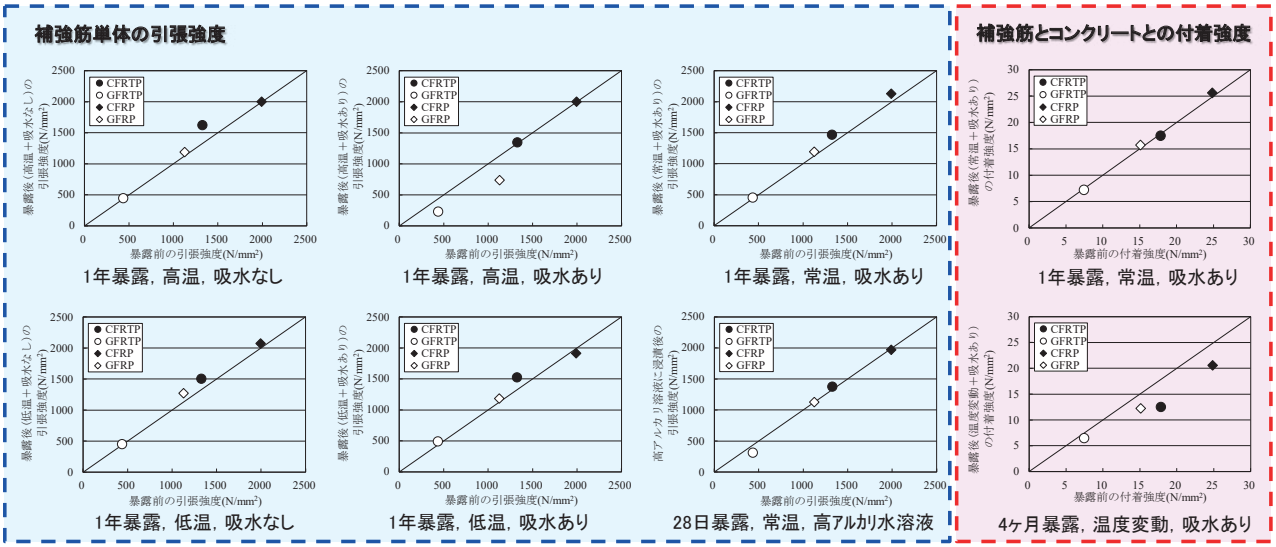
ユーザーベネフィット
- コンクリート用補強筋としての適用
- PC緊張材としての適用

差別化のポイント
- 高強度
- 耐食性

フェーズⅡの成果

立場	組織名
発注者 管理者	土木研究所
設計者 施工者	川田建設，日本ピーエス
メーカー	小松マテーレ
大学	金沢工業大学

異業種との連携を図り，CFRTP緊張材に着目した「PCの定着WG」を設立



- PCの定着WGの体制を確立し，品質および技術における課題解決に向けて取り組みを開始した．
- 高温環境下で吸水されると，熱可塑性および熱硬化性に拘らず，ガラス繊維で強化されたFRPの引張強度は低下した．
- 水中浸漬されたケースでは，全ての種類の補強筋において，コンクリートとの付着強度は同程度になることを確認できた．一方で，昇降温の繰返し後のケースでは，CFRTP，CFRPおよびGFRPでは付着強度は低下することを確認できた．

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

フェーズⅢ以降の取組

- 補強筋では，FRTPの物性値を確認すべく，継続して要素試験を実施する．
- PC緊張材では，プレテンション方式およびポストテンション方式を適用したコンクリート供試体の載荷試験を実施する．

3-①-d 構造部材の材料評価・標準化

－FRP緊張材を適用した橋梁の試設計－

土木研究所

社会実装の姿



厳しい塩害と普通鉄筋の腐食

ターゲットユーザー

・インフラ利用者
・道路管理者
・橋梁部材製作メーカー等

ユーザーベネフィット

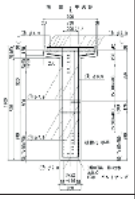
・耐久性能に伴うコンクリート構造物長寿命化
・メンテナンスの省力化
・建設副産物発生抑制による環境負荷低減
・軽量化に伴う作業負担軽減・工事期間短縮
など

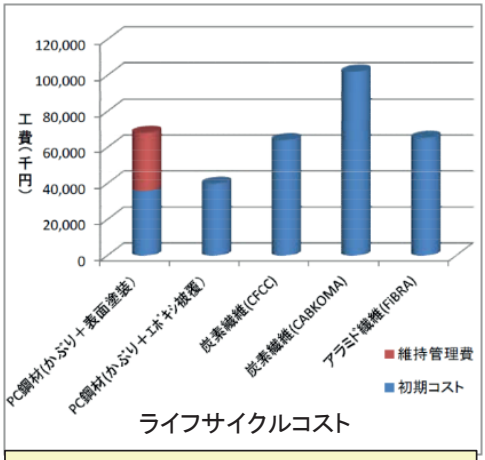
差別化のポイント

・塩害耐久性
・施工性（鋼材より軽量）

フェーズⅠの成果

緊張材にPC鋼材の代替えとして革新材料を使用した場合の橋梁（PC-T桁）の試設計およびコスト比較を実施。

		PC鋼材	炭素繊維材（CFCC）	炭素繊維材（CABKOMA）	アラミド繊維材（FiBRA）
材種別写真					
主桁断面図					
線膨張係数（×10⁻⁶/℃）		10	0	0	−6
弾性係数（N/mm²）		2.00×10⁵	1.55×10⁵	0.85×10⁵	0.686×10⁵
リラクゼーション（%）		1.5（低）	6	6	25
主桁	鋼材径	1S15.2	1*7 15.2φ	1*7 9.0φ	FA15（15.7φ）
	鋼材本数	20本	14本	32本	28本
床版	鋼材径	1S15.2	1*19 25.5φ	1*7 9.0φ	3*FA15（15.7φ）
	鋼材間隔	500ピッチ	500ピッチ	100ピッチ	250ピッチ



ライフサイクルコスト

・PC鋼材（表面塗装併用）のライフサイクルコストが最も安価となるが、施工時のエポキシ樹脂のはがれ等、施工時の品質管理が重要である。
・また、架橋環境に応じて維持管理費が増加する可能性がある。したがって、革新材料については、上記を考慮して、維持管理が難しい箇所において優位なケースになると考えられる。

・桁高はJIS 桁を基本としたが、CABKOMA はJIS 桁の配置可能な最大本数を配置しても照査を満足しないため、桁高を確保。
・床版の横締め間隔はJIS 桁の500mm を固定とし緊張材の径で調整する事を基本としたが、CABKOMA とFiBRAは耐力不足となるため間隔をそれぞれ100mm と250mm に狭めた。

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

フェーズⅡ以降の取組

実用化／実装化に向けて、要求仕様や物性値など材料の性能を確認。

3-②-b 社会インフラ（橋梁、トンネル、道路、鉄道等）への革新材料の実装技術検討

－土木分野への革新材料実装研究会－

社会実装の姿

金沢工業大学

対象物	実装に向けたスケジュール		
	短期（2-3年）	中期（4-9年）	長期（10年以上）
付帯物	防音壁 防風壁 グレーチング	ガードレール 高覧 FRPカバー	
仮設物	防護柵 工事用標識	架設橋 足場板	矢板 立坑
防災施設		ロックボルト	水門 津波避難道路
補修・補強		鋼材補強	床版補強 橋脚補強
新設物		拡幅用床版 枕木	杭 ケーブル（PC緊張等） 下水道管

軽度 ← 要求耐荷力
載荷頻度
環境作用（紫外線、水、塩分）
交換の難易 → 過酷

ニーズを実装するに当たって時間軸を考慮した分析

ターゲットユーザー

- インフラ利用者
- 発注者，管理者
- 設計者，施工者
- メーカー

ユーザーベネフィット

- FRTPを用いることで現場で曲げ加工および溶着が可能
- 損傷部に対する補修が可能

差別化のポイント

- 耐食性
- 軽量
- 溶着性
- 高強度
- 加工性

フェーズⅠの成果

土木分野への革新材料研究会　30組織（96名）

- □ 発注者，管理者，大学
- □ 建設会社
- □ メーカー
- □ 評価認証者

熱可塑性FRPを土木分野で適用するために，様々な立場の技術者の協力を得て「土木分野への革新材料実装研究会」を設立し，広くニーズ調査を実施．全30組織の協力者からの建設的な意見を踏まえ，革新材料を適用することが相応しい社会インフラを抽出した．


会議形式（その1）


会議形式（その2）


素材・製品の紹介


現場視察

土木分野への革新材料実装研究会の様子

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○		

フェーズⅡ以降の取組

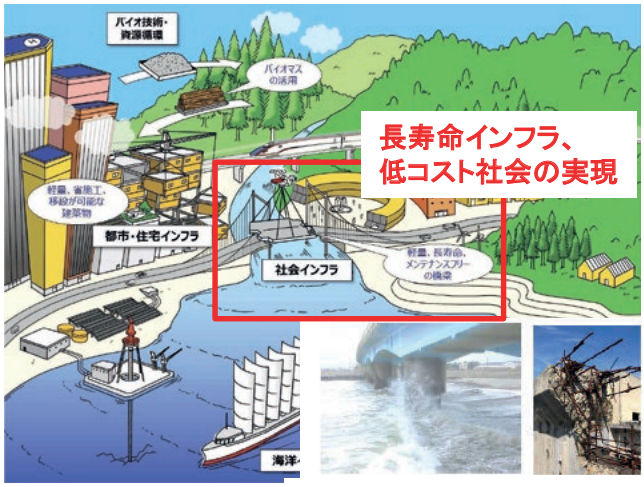
「土木分野への革新材料実装研究会」を1年間に1度以上開催し，ニーズを調査する．

3-②-b 社会インフラ（橋梁、トンネル、道路、鉄道等）への革新材料の実装技術検討

－FRPが用いられた橋梁の概要調査－

社会実装の姿

金沢工業大学、土木研究所



厳しい塩害と普通鉄筋の腐食

ターゲットユーザー

・インフラ利用者
・道路管理者
・橋梁部材製作メーカー等

ユーザーベネフィット

・耐久性能に伴うコンクリート構造物長寿命化
・メンテナンスの省力化
・建設副産物発生抑制による環境負荷低減
・軽量化に伴う作業負担軽減・工事期間短縮
など

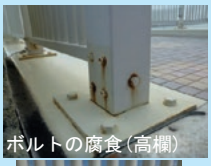
差別化のポイント

・塩害耐久性
・施工性（鋼材より軽量）

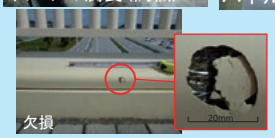
フェーズⅠの成果

既に社会実装されているFRP橋梁およびFRP緊張材を用いた橋梁の調査を実施（平成25年度）※。

1. ロードパーク連絡歩道橋（沖縄県、平成12年竣工）


ボルトの腐食（高欄）


パネルの脱落



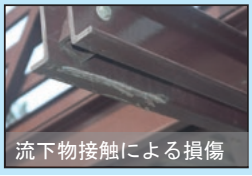
欠損

2. 自転車道13号橋（石川県、平成20年竣工）


流下物接触による損傷


高欄取付ボルト下面の腐食

3. はまなす橋（京都府、平成21年竣工）


流下物接触による損傷


ボルトの腐食


塗膜の劣化

4. 自転車道甘田橋（石川県、平成4年竣工）


桁に損傷なし


漏水跡（橋台）


漏水跡（桁下）

※：1，2，3は橋桁にFRP部材を使用。4はコンクリート内に配置する緊張材に炭素繊維を使用。

・塩害環境下においてもFRPを用いた箇所の腐食は認められなかった。
・塩害地域においてFRPが効果的であることを確認したが、通常のPC橋でも建設後15年経過した橋で損傷が見られなかったことから、FRPの優位性を発揮する条件を検討する必要がある。

フェーズⅡ以降の取組

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○		

実用化／実装化に向けて、要求仕様や物性値など材料の性能を確認。

連携プロジェクト8 浮体式垂直軸風車

社会実装の姿

金沢工業大学



ターゲットユーザー

- 洋上風力発電事業者
- 離島等の独立電源
- 環境指向の電力消費者

ユーザーベネフィット

- 洋上風力発電の低コスト化
- 大型化による経済性向上

差別化のポイント

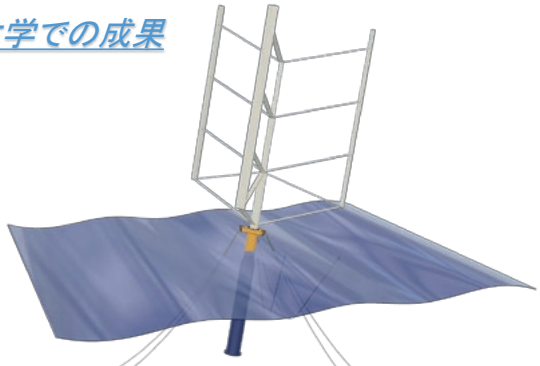
- 連続成形に適したブレード
- 軽量・低重心風車ローター
- 浮体が回転する単純構造
- 政府目標を実現できる経済性と国内調達率

市場規模

- 風車設備市場1700億円/年

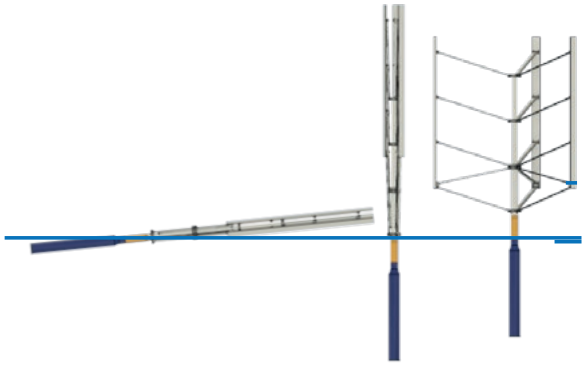
課題終了後の成果

大学での成果



- PCT国際特許出願2件（大阪大学と共願）
  CFRPブレードの軽量を活かした構造と海上設置工法、動力取出機構
- 海上実験機の仕様策定

企業での成果



クレーン船無しで海上設置できる構造

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）		○	○

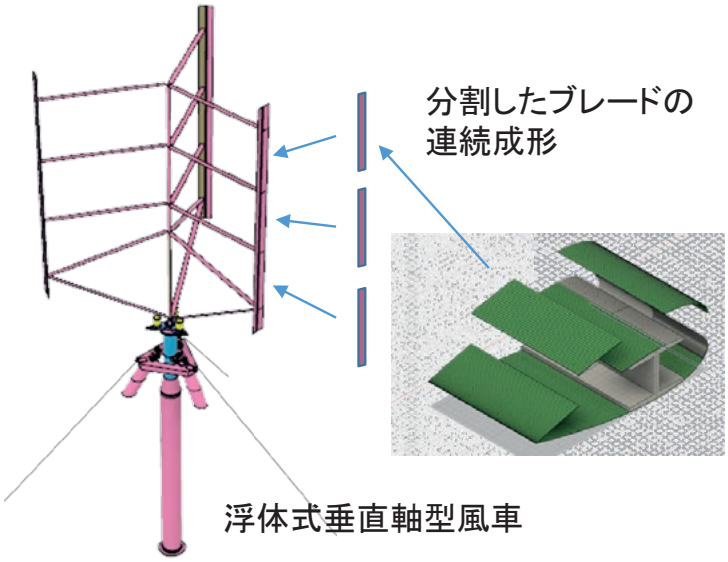
COIプログラム終了後の取組

大型ブレード成形プロセスの詳細検討、海上実験予算の獲得と開発コンソーシアムの拡大

T-d 大型パネル（風力ブレード）

社会実装の姿

金沢工業大学



ターゲットユーザー

・洋上風力発電事業者
・離島等の独立電源
・環境指向の電力消費者

ユーザーベネフィット

・洋上風力発電の低コスト化
・大型化による経済性向上

差別化のポイント

・連続成形に適したブレード
・軽量・低重心風車ローター
・浮体が回転する単純構造

フェーズⅡの成果

大学での成果

- JST/A-STEP シーズ顕在化プログラムによるFS(水槽実験、実機コスト推定)
- 風車部コスト推定で、アルミ、GFRPよりもCFRP(ラージトウ)が総合的に低コスト(軽量化メリット大)
- 設備費推定は従来型から50%削減

企業での成果



ブレード断面モデル



水槽模型

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）		○	

フェーズⅢ以降の取組

外部資金の活用により、数kWタイプを洋上でフィールドテストを実施。
その結果より、数十kWから百kWタイプにシステムの拡大と共に革新製造技術による翼の大型化も目指す。

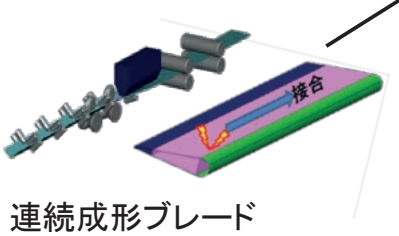
3-②-c 海洋構造物及び再生可能エネルギー利用分野への革新材料の実装技術検討

－浮体式垂直軸風車－

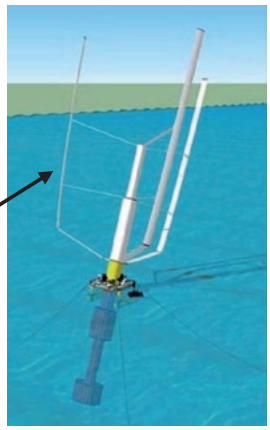
社会実装の姿

金沢工業大学

複合材連続成形ブレードを使用する浮体式洋上風車



連続成形ブレード



浮体式垂直軸型風車

ターゲットユーザー

・洋上風力発電事業者
・離島等の独立電源
・環境指向の電力消費者

ユーザーベネフィット

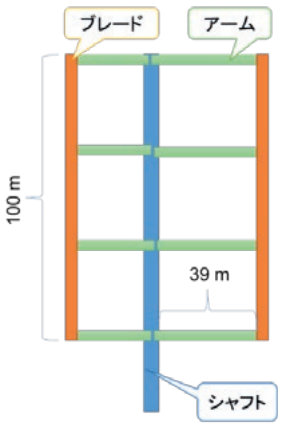
・洋上風力発電の低コスト化
・大型化による経済性向上

差別化のポイント

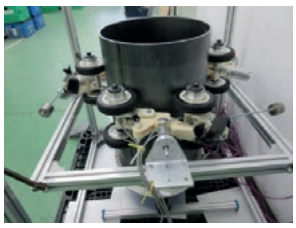
・連続成形に適したブレード
・軽量・低重心風車ローター
・浮体が回転する単純構造

フェーズⅠの成果

大学での成果

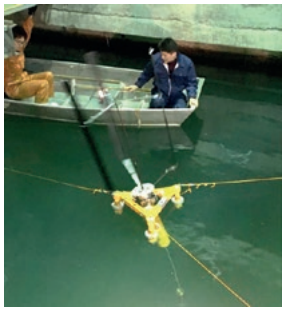


・複合材ローターのコスト試算
・動力取出機構モデル実験



企業での成果

・小型模型による水槽実験（大阪大学）
・浮体式垂直軸型風車の構造、組立設置方法の検討



進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○		

フェーズⅡ以降の取組

海上実証に向けた助成金の獲得と実機性能・コスト推定の高度化

連携プロジェクト7 硬翼帆

社会実装の姿

金沢工業大学

海洋構造物及び再生可能エネルギー利用分野への革新材料の実装に向けた技術の検討

風力推進船の大型硬帆
複合材パネルの硬翼帆を搭載した大型風力推進船を開発し、海洋船舶が発生する温室効果ガス低減を実現する。



硬翼帆搭載大型風力推進船
（東京大学ホームページ）

ターゲットユーザー

海運会社、造船会社、海洋輸送荷主会社

ユーザーベネフィット

・温室効果ガスの低減
・再生可能エネルギー(風力)の利用

差別化のポイント

風力推進技術の中で、最も削減効率が大きい

市場規模

2016年世界造船実績(貨物船)の50%を硬翼帆風力推進船とした場合

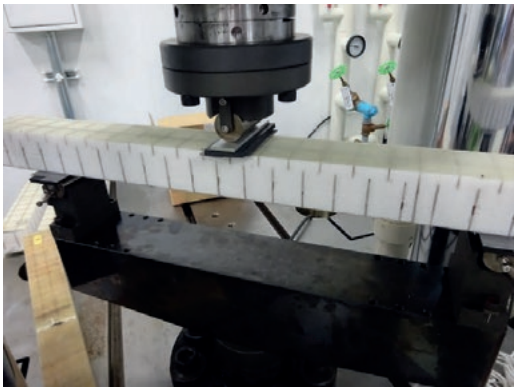
開発企業1社のみで建造した場合の硬翼帆価格合計
・年間　136億円

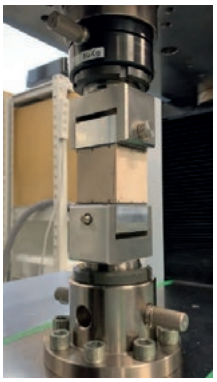
上記より他社参入により事業規模が拡大した場合の硬翼帆価格合計
・年間 2,580億円

課題終了後の成果

大学での成果

実船に搭載する硬翼帆のGFRPパネル試作品の評価を実施。
2021年10月から硬翼帆組立開始、陸上試験で帆パネルの構造試験を実施予定。





進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）		○	○

COIプログラム終了後の取組

本COI事業の連続成形技術を用いた大判FRPパネル製造技術開発を行い、低コストFRPパネルの実船硬翼帆への搭載を進める。

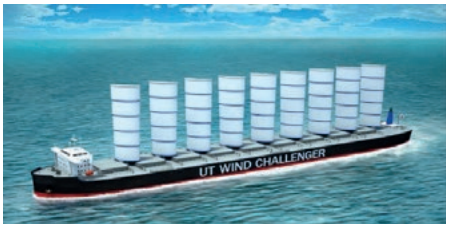
T-e 大型パネル（硬翼帆）

社会実装の姿

金沢工業大学

海洋構造物及び再生可能エネルギー利用分野への革新材料の実装に向けた技術の検討

風力推進船の大型硬帆
複合材パネルの硬翼帆を搭載した大型風力推進船を開発し、海洋船舶が発生する温室効果ガス低減を実現する。



硬翼帆搭載大型風力推進船
（東京大学ホームページ）

ターゲットユーザー

海運会社、造船会社、海洋輸送荷主会社

ユーザーベネフィット

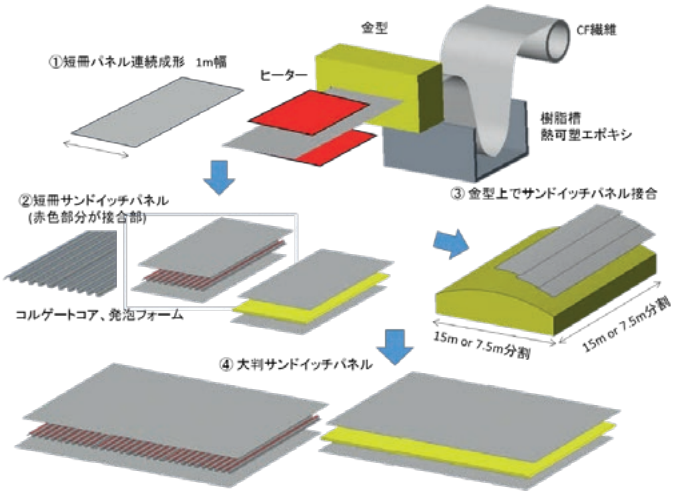
・温室効果ガスの低減
・再生可能エネルギー(風力)の利用

差別化のポイント

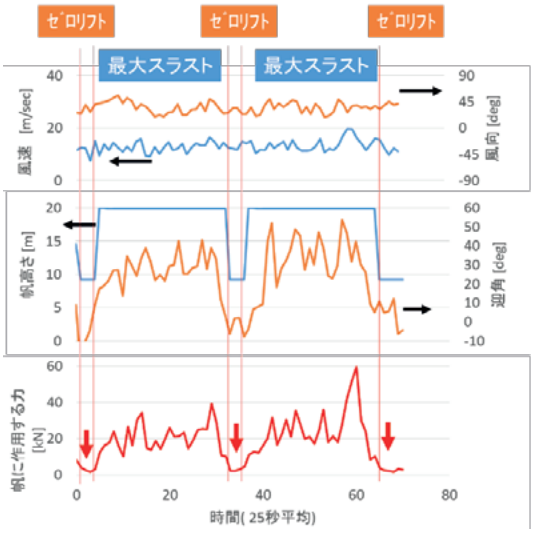
風力推進技術の中で、最も削減効率が大きい

フェーズⅡの成果

大学での成果



大判FRPパネルの製造技術の検討(左図)
硬翼帆に搭載するFRPパネル製造は、本COI事業基盤技術である連続成型技術を用いて検討した。熱可塑性FRPのコアとスキンを連続成形技術で製作し、溶着加工によって大判サンドイッチパネルの製造を行う。



硬翼帆の性能試験(右図)
大判FRPパネルを搭載した硬翼帆の耐久性、空力性能を、陸上実証機を建造(2014～)し試験を行った。その結果、空力特性は設計通りの性能を確認し、航海モード毎の推力制御も目的の性能を得ることが出来た。

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

フェーズⅢ以降の取組

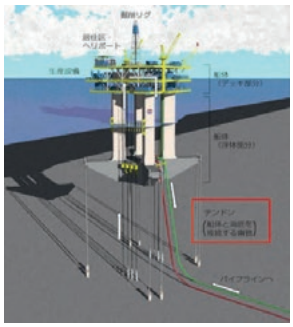
2018年より実機船舶建造プロジェクトが推進企業を中心にスタートしたが、第1号船は実績のある従来技術製法のパネルを搭載する。本研究はフェーズⅢからは、共通目的である大型住宅パネルのテーマとして推進を行う。

3-②-c 海洋構造物及び再生可能エネルギー利用分野への革新材料の実装技術検討

社会実装の姿

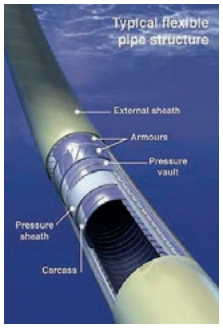
三井海洋開発(株)、金沢工業大学

海洋構造物及び再生可能エネルギー利用分野への革新材料の実装に向けた技術の検討



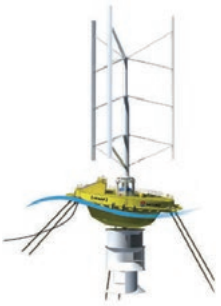
海洋石油生産用TLP
(三井海洋開発ホームページ)

(1)TLPテンドン
海洋石油生産設備TLP(Tension Leg Platform)係留索テンドンを現状の鋼鉄製から複合材料を適用し軽量化による大水深化(1,500m以上)海域での石油生産を実現する。



フレキシブルライザー構造図
(Deepflex社ホームページ)

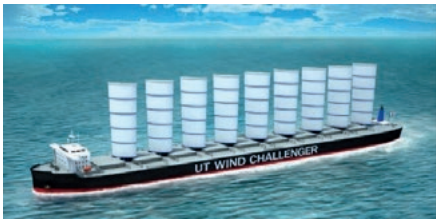
(2)深海海底資源開発用ドリリングライザー、フレキシブルライザー
海底から海上設備まで石油輸送パイプを現状の鋼鉄製から複合材料を適用し軽量化による大水深化(3,000m以上)海域での石油生産を実現する。



浮体式洋上風力発電システム
(三井海洋開発ホームページ)

(3)洋上風力発電ブレード
連続成形構造を適用した軽量化浮体式垂直軸型風車を開発し、水深の深い海域での風力発電事業を実現する。

(4)風力推進船の大型硬帆
複合材パネルの硬翼帆を搭載した大型風力推進船を開発し、海洋船舶が発生する温室効果ガス低減を実現する。



硬翼帆搭載大型風力推進船
(東京大学ホームページ)

フェーズⅠの成果

(1) TLPテンドン
ロッド材の耐久性を含めたデータ蓄積・破壊機構解と界面における材料課題を抽出した。
(2) 深海海底資源開発用ドリリングライザー、フレキシブルライザー
適応に向けて欧州での開発のような新規性を見出すことが必要であると確認した。
(3) 洋上風力発電ブレード
垂直軸式風車の場合、引抜成形技術により製造できる可能性を見出すことができた。
(4) 風力推進船の大型硬帆
陸上実証機を用いた性能評価、耐久試験を実施した。

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
(開発ステージ)	○	○	

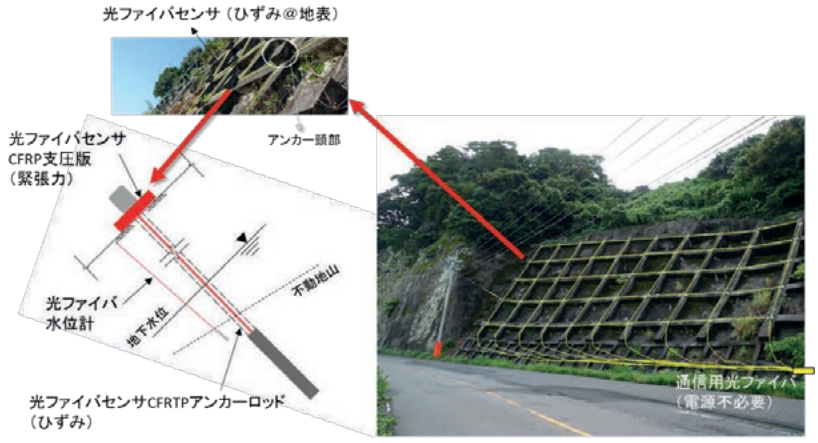
フェーズⅡ以降の取組

(1) TLPテンドン
大規模な実証実験により、性能を評価するための大規模な財源確保が課題
(2)深海海底資源開発用ドリリングライザー、フレキシブルライザー
必要性を確認し、フェーズⅠで研究開発を終了
(3) 洋上風力発電ブレード
実部材の設計および建造に向けて、力学および耐環境特性を把握することが課題
(4) 風力推進船の大型硬帆
帆の主構造部材である大型パネルの連続成形技術に取り組む

連携プロジェクト6 グラウンドアンカー

京都大学、物質・材料研究機構、
小松マテーレ（株）

社会実装の姿



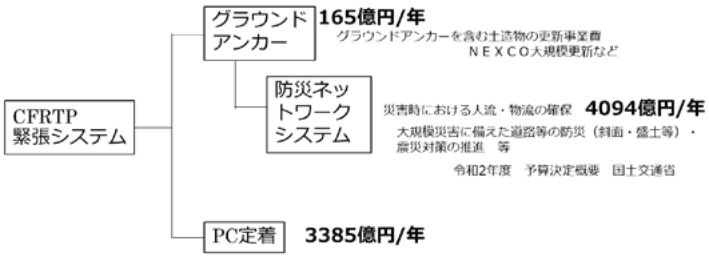
ターゲットユーザー

道路管理者，自治体，国

ユーザーベネフィット

斜面の3次元的なモニタリングにより，斜面災害の予兆を捉えて，被害を最小限にできる。

市場規模



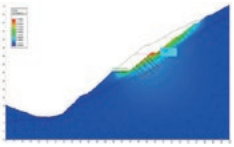
差別化のポイント

CFRTP化することで
長期間の使用に耐える
光ファイバセンサにより
3次元的な斜面モニタ
リングが可能となる

課題終了後の成果

大学・企業・研究所の成果

・土砂移動量からの斜面モニタリング理論構築



管理基準値とアンカーのひずみの関係を見出し，本システムのモニタリングにより，土砂の移動量を　予見できるようにする。

・光ファイバセンサCFRTPアンカーシステムにおけるLCCの算出



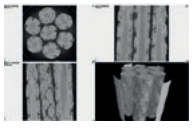
長期的に考えると，従来のアンカーシステムより，低コストになることを証明する。

・光ファイバセンサCFRTPアンカーロッドの開発



7本組紐より線の中央のFRP素線に切り欠きを入れ，そこに光ファイバセンサを埋め込んだ光ファイバセンサCFRTPアンカーロッドを作製する方法を確立する。

・光ファイバセンサCFRTPアンカーロッドの品質変動の評価



CFRTPアンカーロッドに引張試験やX線CT試験などを実施し，製造方法について，製品品質に影響を与える因子を抽出する。

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）			○

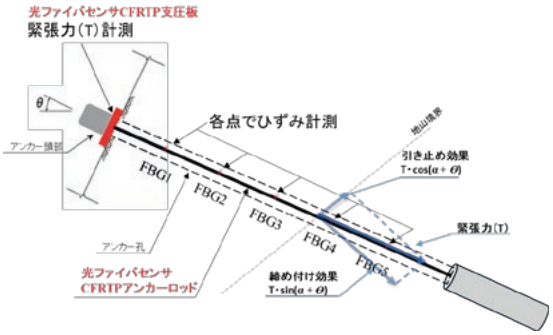
COIプログラム終了後の取組

光ファイバセンサを具備したCFRTPロッドとCFRTP支圧板の実装試験を行うとともに，光ファイバセンサによるデータの収集および転送システムを構築し，遠隔からのモニタリングを可能とする。

T-f グランドアンカー

金沢工業大学、京都大学、
物質材料研究機構、小松マテーレ（株）

社会実装の姿





ターゲットユーザー

道路管理者，自治体，国

ユーザーベネフィット

斜面の3次元的なモニタリングにより，斜面災害の予兆を捉えて，被害を最小限にできる。





差別化のポイント

CFRTP化することで長期間の使用に耐える光ファイバセンサにより3次元的な斜面モニタリングが可能となる。

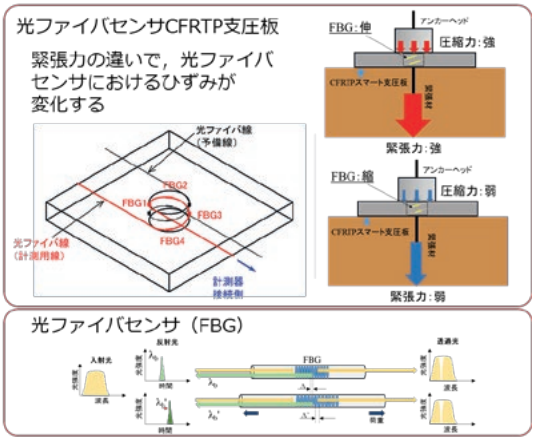
フェーズⅡの成果

1. 光ファイバセンサを具備したCFRTP支圧板

技術シーズの概要

光ファイバセンサ
・電気的故障がない
＋
CFRTP
・耐候性・耐食性が高い
＝
光ファイバセンサCFRTP支圧板
緊張力を長期間
モニタリング可能

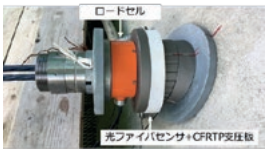
相性が良い



大学と企業の成果

・長期計測・使用が可能
・事前準備が必要ない

技術的優位性がある



現在も実装試験中

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）		○	○

フェーズⅢ以降の取組

グラウンドアンカーロッドをCFRTP製に置き換えて，光ファイバセンサを導入する。そのための力学的な検証やセンシングデータ解析方法を検証する。また，得られたデータより斜面維持管理を行うための基準も作成する。

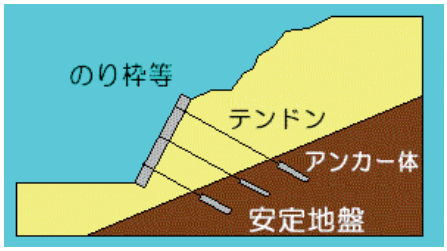
連携プロジェクト6 グラウンドアンカー
－解析と評価－

物質・材料研究機構（NIMS） 内藤公喜

社会実装の姿









ターゲットユーザー
- グラウンドアンカー（土木）

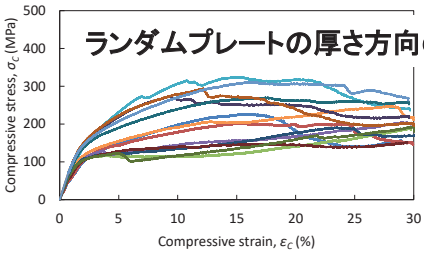
ユーザーベネフィット
- 比強度、比剛性
- 面内等方性
- 耐腐食性、加工性

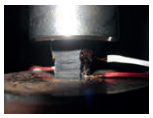
差別化のポイント
- 材料としての優位性
- センシング機能具備
- 品質保証評価と損傷・破壊機構解明

市場規模
- 約5000億円（2万6千箇所）大規模修繕計画

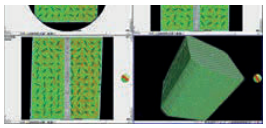
課題終了後の成果

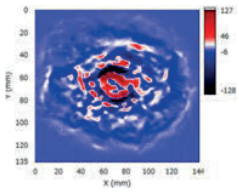
大学での成果





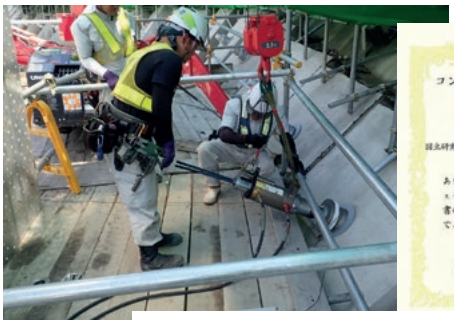
X線CTやレーザ超音波
ランダムプレートの品質評価

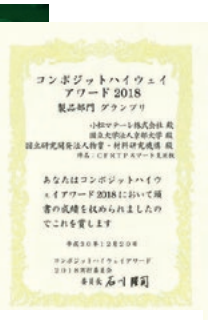




企業での成果

- 実証試験開始





コンポジットハイウェイアワード2018
製品部門グランプリ

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	○

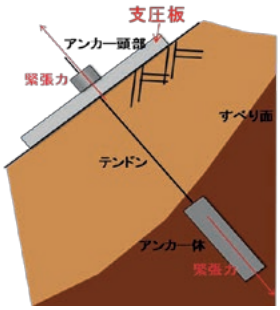
COIプログラム終了後の取組

ランダムプレートは実証化まで進んだが、本材料の耐久性耐候性評価はまだ少ない。長期耐久耐候信頼性評価に注力、事業化に貢献。ロードと組み合わせたグラウンドアンカーシステムについても検討。

3-①-c　マクロレベルの信頼性評価

社会実装の姿

京都大学、物質・材料研究機構、土木研究所



グランドアンカー等において，経年劣化や腐食により軸力低下やアンカーボルトの破断が報告されている．

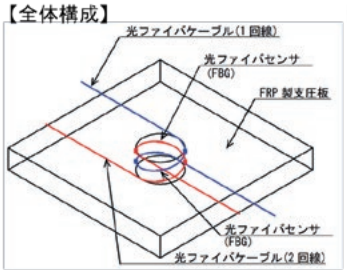
↓

従来，グランドアンカー等の点検においては，目視調査およびリフトオフ試験 による詳細調査が実施されているが，客観性および効率性にそれぞれ課題がある．

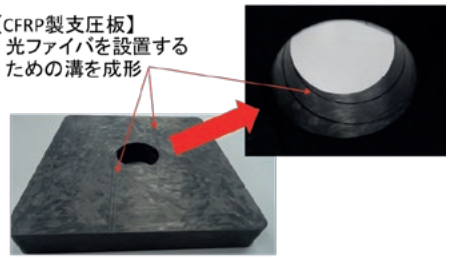
↓

長期にわたる軸力挙動やアンカー破断を客観的かつ，効率的にモニタリング可能な技術が必要．

【全体構成】



【CFRP製支圧板】
光ファイバを設置するための溝を成形



中空部に設置した光ファイバセンサで軸力挙動やアンカー破断を計測・モニタリング

ターゲットユーザー

・道路管理者，自治体，国

ユーザーベネフィット

・軸力のモニタリングが簡易な手法で，長期間可能になる。

差別化のポイント

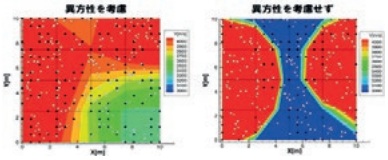
・光ファイバセンサを導入することで機械的な故障が生じなくなる。

フェーズⅠの成果

大学での成果

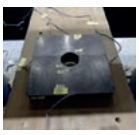
1. 異方性を考慮したAEトモグラフィ法の開発

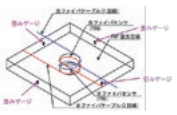
波線追跡法を基本とし，解析上で波線の角度に応じたスローネスを与えた。



2. 革新材料のヘルスモニタリング手法の検討

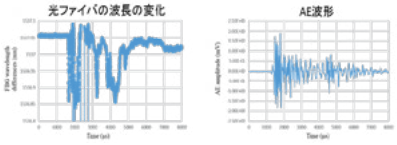
光ファイバセンサ埋込型支圧板を試作し，静的載荷試験を実施した結果，
光ファイバセンサにより得られたひずみは電気式ひずみ計で計測されたものと同適度になることが確認された。





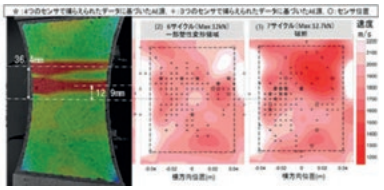
3. 光ファイバセンサによる動的計測の検討

FBG-WDM方式の光ファイバセンサでFRP材料の破断寸前の破壊で生じた波に関して，AEセンサと同調した波長の変化を検出できた。



4. 損傷評価に関わる可視化方法の検討

FRP引張試験で破壊に至るまでに生じたAEと速度構造は，表面ひずみ分布と整合しており，損傷個所と非損傷個所を可視化できた。



進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）		○	

フェーズⅡ以降の取組

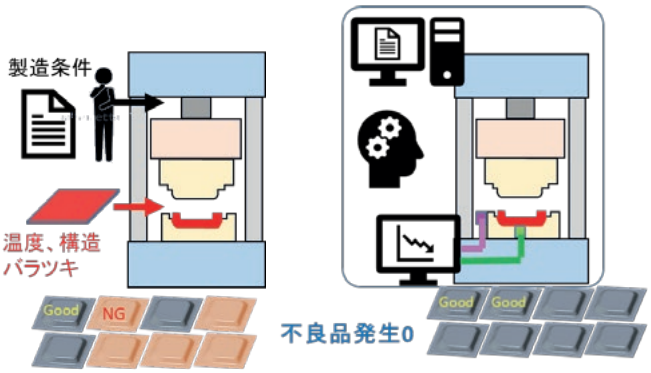
革新材料を使用した支圧板の実用化について，基礎データの取得から実装的な検討を進めるとともに，高付加価値材料とするためのセンシング技術の開発を継続的に進める。

①、 2-b　CFRTPプレス成形プロセスの仮想化製品モデルによる品質判定技術の開発

社会実装の姿

金沢工業大学

従来の試作評価の繰り返しによる条件最適化では無く、センサデータを活用した製造モニタリングにより構築した仮想化製品モデルを用いた条件最適化、及び製造条件制御による品質安定化技術



ターゲットユーザー

CFRP成形加工会社、
プレス機製造会社

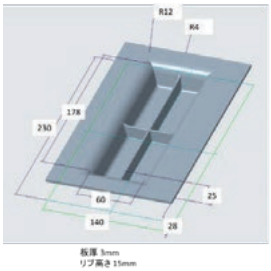
ユーザーベネフィット

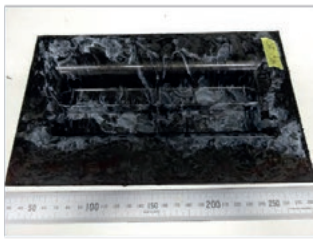
・試作評価コスト削減
（材料費、作業負荷）
・歩留まり向上による製造コスト低減

差別化のポイント

デジタル化によるコスト低減

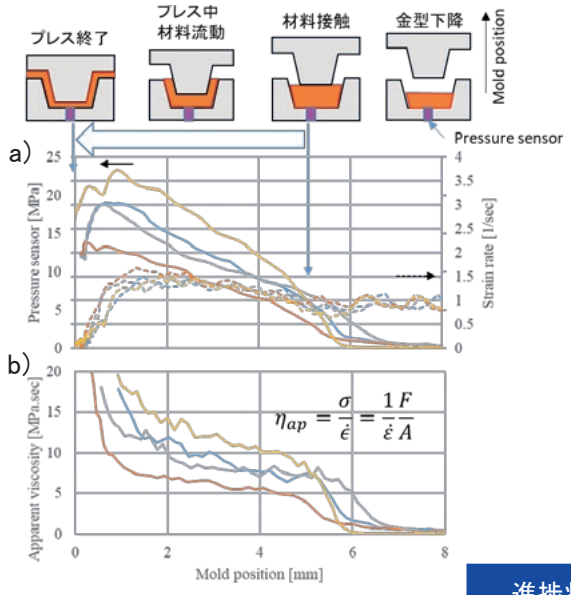
フェーズⅢの成果





大学での成果

実験方法
リブ形状金型を用いて、材料の面内、面外方向の材料流動をセンサデータから観察



実験結果
・チャートa)
同一製造条件で成形した4サンプルの金型成形動作過程の樹脂圧力センサ変化
・チャートb)
チャートa)圧力センサとせん断速度から計算したみかけ粘度の変化

圧力センサデータから成形中の材料流動を観察した結果、同一設定成形条件でも異なる挙動を示しており同じ製品構造が得られていないことがわかる。
本研究では、これらデータ観測技術の高度化と、その情報から製造条件最適化(温度、荷重、速度)の指針を判定し帰還制御する技術の開発を進めている。

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

COIプログラム終了後の取組

本研究は、材料メーカー、シミュレーション開発会社、装置メーカーの各企業間との連携が不可欠であるため、今後は各企業連携により開発を進める計画である。

2-②-i 検査技術

社会実装の姿

金沢工業大学　白井武広

複合材料成形品の品質検査技術の確立
超音波非破壊検査により複合材料成形品の品質を判定し製品の長寿命化を実現する

ターゲットユーザー

CFRP製品加工会社、検査装置開発製造会社

ユーザーベネフィット

従来技術の超音波探傷では測定不可能であった微小ボイドを定量的に測定し品質判定

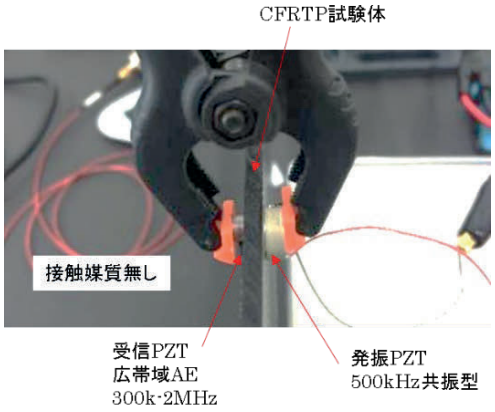
差別化のポイント

従来技術よりも高精度な品質判定技術

フェーズⅠの成果

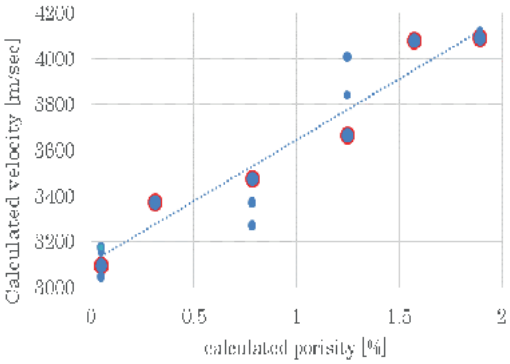
大学での成果

本テーマは複合材料の非破壊検査要素技術の見極めを行うために取り組んだテーマである。
・従来技術の超音波探傷では微小ボイドの検出が困難であった。
・本技術では超音波共振法を用い、ボイドに伴うみかけ弾性率の変化を超音波音速として測定しボイド率を定量的に求める方法を開発。



開発した測定プローブ試作品

超音波発振子と受信子を試験体に対向して配置し、発振子から励起した超音波を試験体中に伝搬させて共振モード周波数を測定し伝搬音速を測定する。



測定結果

横軸がボイド率、縦軸が伝搬音速を示しており、ボイド率に対して測定音速は一致した。

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

フェーズⅡ以降の取組

フェーズⅡからは各製造技術開発テーマ内で検査技術の検討を行う。

1-b-2 スタンピング成形プロセス（立体成形、複雑形状）

金沢大学　米山猛、立野大地、 金沢工業大学
コマツ産機（株） 河本基一郎、岡本雅之、
石川県工業試験場、一村産業（株）

社会実装の姿

・スタンピングプレス成形による立体、複雑形状成形の技術開発
・住宅床材パネルを想定したリブ付きパネルの成形プロセスを検討



住宅床材パネルを想定した
リブ付きパネルの試作品

ターゲットユーザー

CFRP成形加工会社、成形金型製作会社

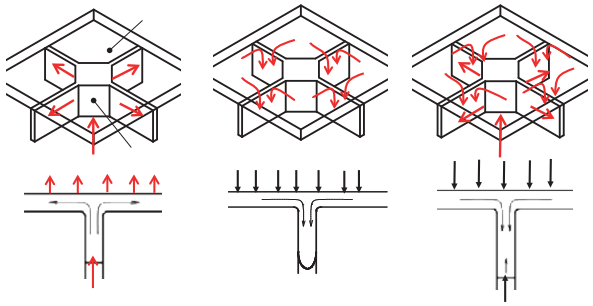
ユーザーベネフィット

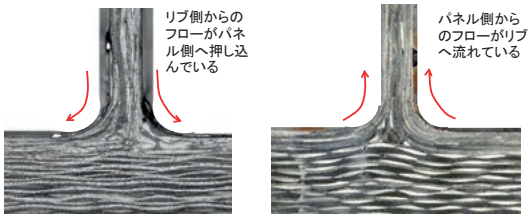
・ダイクッション動作による材料流動成形
・1回のプレスでリブ形状品の成形技術を開発
・不連続炭素繊維ビレット材を開発

差別化のポイント

複雑形状プレス成形の低コスト化

フェーズⅡの成果





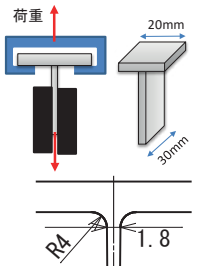
(a) ビレットフロー成形品　(b) ビレットフロー＋パネルフロー成形品

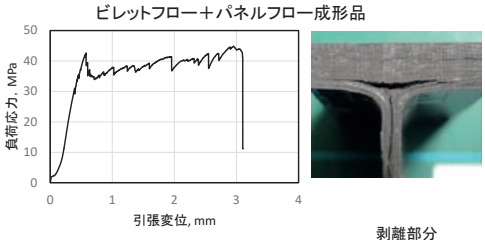
成形技術

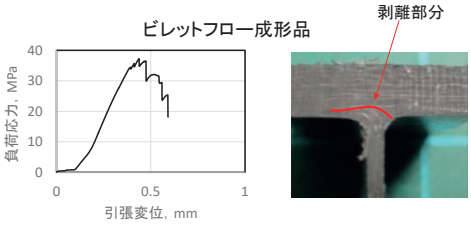
・ビレットフロー成形
不連続炭素繊維に樹脂を含浸させたビレットを加圧流動させリブ形成
・パネルフロー成形
平板側に不連続炭素繊維に樹脂を含浸させた層を置いて加圧流動させてリブ形成
・ビレットフロー＋パネルフロー成形
ビレットフローとパネルフローの組み合わせ

成形品の断面と機械特性

ビレットフローは、リブ側からパネル側に繊維と樹脂が押し込まれて周囲に広がっており、パネルフローでは，パネル側からリブへ繊維が流入している。リブ部機械特性試験では、破壊強度は同等であったが、リブ直下の繊維層構造の違いで破壊強度が異なる結果であった。







進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

フェーズⅢ以降の取組

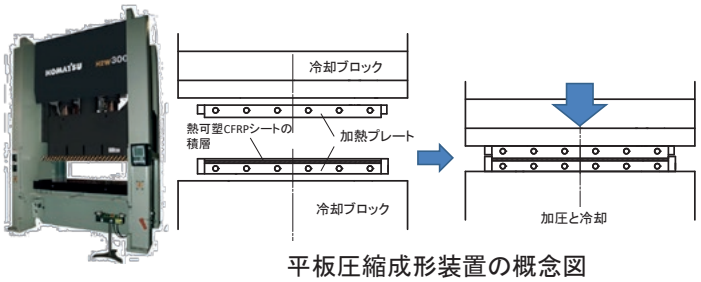
プレス成形技術はフェーズⅡで終了し、各大学、企業、機関毎に活動を継続する

2-②-a サーボプレスによる成形技術

金沢大学　米山猛、立野大地
コマツ産機(株)　河本基一郎、岡本雅之
金沢工業大学　白井武広

社会実装の姿

サーボプレス機による半連続的繰り返しプレス成形技術の確立
厚肉・大型断面の長大部材を連続成形
汎用的サーボプレス機による圧力制御と熱可塑性樹脂成形への応用



平板圧縮成形装置の概念図

ターゲットユーザー

CFRP成形加工会社

ユーザーベネフィット

既所有の汎用サーボプレス機を用いてCFRP成形導入が可能となるため、新たなプレス機導入の初期費用を削減

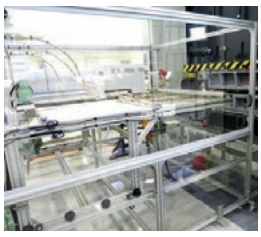
差別化のポイント

設備導入費用の削減

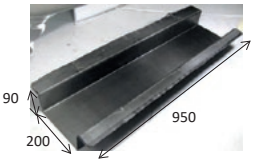
フェーズⅠの成果

・ベルト式加熱搬送装置を開発しサーボプレス機と連携したプレス成形
・ダイクッションピン側圧荷重機構金型による大型U字ビーム成形技術の開発
・サーボプレス機の荷重制御限界点の見極めを行い、複合材成形に必要なプレス成形装置仕様を検討した。

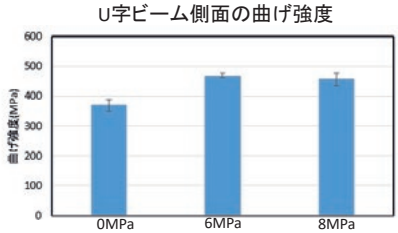
ベルト式加熱搬送装置

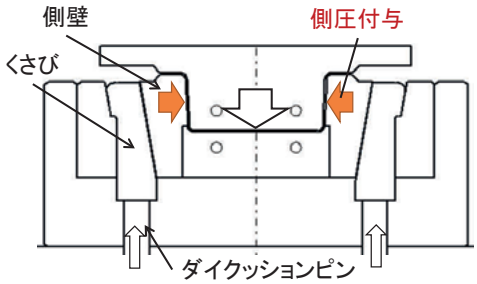






U字ビーム (t=3mm)





進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
(開発ステージ)	○	○	

フェーズⅡ以降の取組

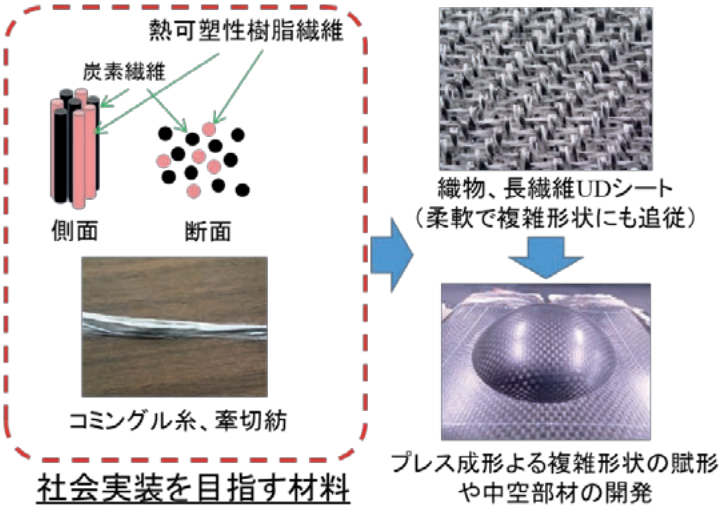
フェーズⅡでは新たな複合材成形専用プレス機を導入し、CFRP成形技術の研究を継続する。連続成形技術の取り組みはフェーズⅡの「連続成形プロセス/間欠プレス賦形プロセス研究テーマ」に引き継いで進める。

2-①-b コミングル、牽切紡、長繊維UDシート

金沢工業大学　Patcharat Wongsriraksa、
石川県工業試験場、一村産業(株)、東レ(株)

社会実装の姿

コンセプト:
繊維の柔軟性を活かした複雑成形品用中間材料の上市



社会実装を目指す材料

ターゲットユーザー

・複雑形状の熱可塑性CFRPを成形するユーザー、および、その複雑形状部材のエンドユーザー

ユーザーベネフィット

・中空部材等、板状の材料で成形するには困難な部材の成形も可能。
・筒に巻き付ける等、丸めることができ、省スペースでの保管が可能。

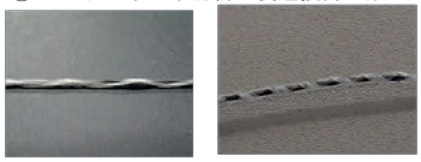
差別化のポイント

・種々の熱可塑性樹脂に対応

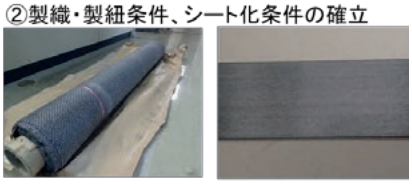
フェーズⅠの成果

大学での成果

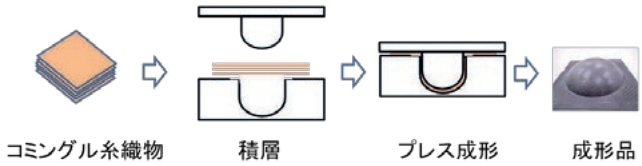
①コミングル糸や牽切紡の製造技術の確立



②製織・製紐条件、シート化条件の確立



③プレス成形による複雑形状賦形の検証



企業での成果

・関連会社(丸一繊維)で実証試験

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
(開発ステージ)	○	○	

フェーズⅡ以降の取組

COIでの研究開発は終了し、企業にて開発・事業化の検証

連携プロジェクト2 ダブルベルトプレス

社会実装の姿

IPCO（株） 北田純一



ターゲットユーザー

・建築材製造メーカー
・自動車部材メーカー
・素材・加工メーカー

ユーザーベネフィット

・長尺厚肉板が生産可能
・生産効率化により低コスト
　高速生産可能

差別化のポイント

・長尺厚肉連続成形
　（既存技術では生産不可）
・種々の材料仕様に対応可

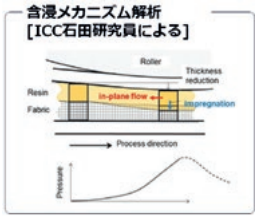
市場規模

・CFRTP市場予測(富士経済)
　100億(2017)→580億(2030)

課題終了後の成果

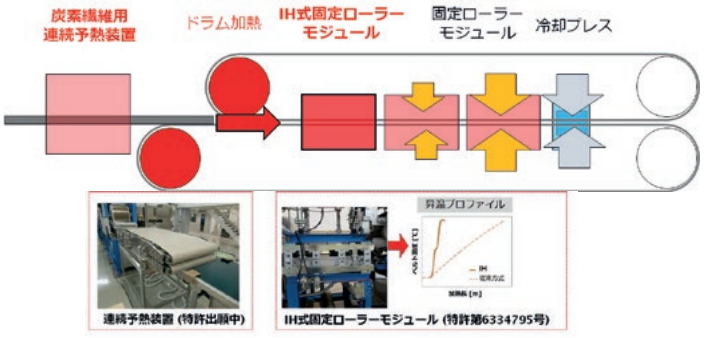
大学での成果

含浸シミュレーション
によりDBPでの成形
メカニズム解析及び
成形最適化



企業での成果

板厚6mm CFRTPの1m/分成形プロセスの確立
(プロセス改良⇒①連続予熱装置 ②IH式固定ローラー)





進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

COIプログラム終了後の取組

大学及び民間企業との、DBPを用いたCFRTP連続成形技術を活用する新たな開発プロジェクトの実施
例） 自動車用部材、建築用部材、プレス成形用部材

1-a-1 ダブルベルトプレスによる連続製造プロセス（平板）

社会実装の姿

金沢工業大学、石川県工業試験場、一村産業（株）、サンコロナ小田（株）、IPCO（株）



連続式プレス装置

ダブルベルトプレス（DBP）

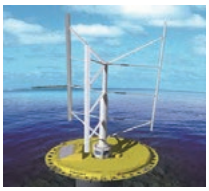
・ボイドレス
・高速成形
} 製造技術の開発

鉄板
・重い
・錆びる

代替

長尺厚肉の熱可塑性CFRPシート

次世代インフラ部材への適用（長尺・大型構造）



洋上発電ブレード

ターゲットユーザー

・インフラ部材メーカー

ユーザーベネフィット

・軽量、高強度、錆びない
・長寿命、メンテナンスフリー

差別化のポイント

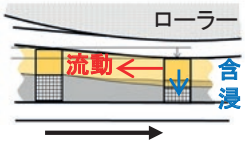
・インフラ部材に適用可能な長尺厚肉の熱可塑性CFRPシートの高速製造技術

・賦形性、力学特性の両立が必要な部材へ適用可能な長尺ランダムシートの製造技術

フェーズⅡの成果

大学での成果

・固定ローラー式プレスの**含浸流動をモデル化**しメカニズムを検証

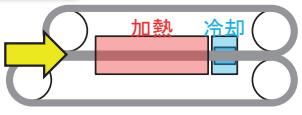


・サイジング剤熱処理によりCF/PA6の**界面接着力向上**を達成

企業での成果

・高速成形モデルを考案し、**誘導加熱**による直接加熱の要素技術を確立

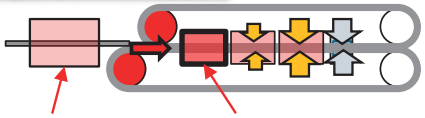
従来方式





高速昇温ユニット

高速成形プロセスモデル



連続式材料予熱プロセス

高速昇温プレスゾーン

・CFカットテープの等方散布技術を確立し（CV8%以下）、**ランダムシートの連続成形**に成功



ランダムシートの連続成形（世界初）

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）		○	○

フェーズⅢ以降の取組

T-h: 連続誘導加熱装置を用いた厚肉材の高速連続成形プロセスの確立に注力

2-①-a スタンパブルシート成形プロセス、製造装置の開発

社会実装の姿

金沢工業大学、サンコロナ小田（株）、IPCO（株）、
小松マテーレ（株）、一村産業（株）、東レ（株）



連続式プレス装置

ダブルベルトプレス（DBP）

・ボイドレス
・高速成形
} 製造技術の開発

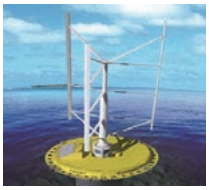
鉄板
・重い
・錆びる

代替



長尺厚肉の熱可塑性CFRPシート

次世代インフラ部材への適用（長尺・大型構造）



洋上発電ブレード

ターゲットユーザー

・インフラ部材メーカー

ユーザーベネフィット

・軽量、高強度、錆びない
・長寿命、メンテナンスフリー

差別化のポイント

・インフラ部材に適用可能な長尺厚肉の熱可塑性CFRPシートの高速製造技術

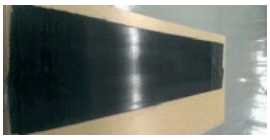
・賦形性、力学特性の両立が必要な部材へ適用可能な長尺ランダムシートの製造技術

フェーズⅠの成果

大学での成果

・厚み3mmシート、0.5m/分速度で目標**曲げ強度**(バッチプレス並)**の9割**達成。

・ダブルベルトプレスの**含浸プロセスのモデル**化。



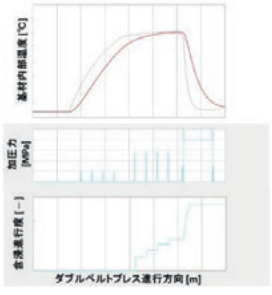
CF織物/PA6 t3mmシート

企業での成果

・DBP**含浸シミュレーション**の開発

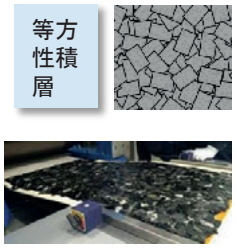
入力：プロセス条件

出力



・UDテープ片を等方的に散布積層する技術と、**DBPによるランダムシートの成形技術**の基礎を確立。

等方性積層





等方性CFテープランダムシート

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

フェーズⅡ以降の取組

1-a-1: 厚肉・高速のDBP成形技術の開発、ランダムシートの連続成形技術に注力

連携プロジェクト3 長尺構造材

－連続プレス成形－

社会実装の姿

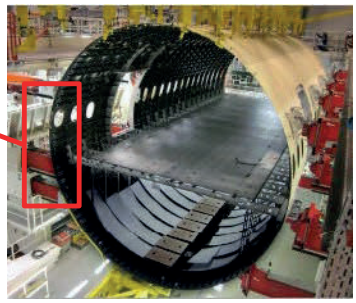
津田駒工業（株）

ターゲット部材
リングフレーム





Short Presentation CTC JEC 2019引用



ターゲットユーザー

・航空機業界

ユーザーベネフィット

・成形部品の低コスト化
・生産性の向上

差別化のポイント

・装置の小型化
・部品製造コスト低減
・成形品のリサイクル性

市場規模

・2.6兆ドル
（～2040年：中型機20,000機）
～（一財）日本航空機開発協会発表～

課題終了後の成果

企業での成果

- 熱可塑性プリプレグの角度材をZ型湾曲形状にプリフォームする製造プロセスを開発





長さ300mmの成形品

- 長尺材製造用のプリフォーム装置の設計・製造
現在試験中。



進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

COIプログラム終了後の取組

同種部品の製造を行っている航空機Tierへのシステムの PR、販売。

連携プロジェクト3 長尺構造材

－ロールフォーミング－

社会実装の姿

大同工業（株）

・2020年6月 日独国際共同研究の開始

ICC Innovative Composite Center
大同工業、津田駒工業他

クラスター連携

InterSpiN
CFK VALLEY
AirBus、Fraunfoher、DLR他





航空機や車両のフレーム実装に向けた活動

ターゲットユーザー

- 航空機メーカー
- 車両メーカー

ユーザーベネフィット

- 生産性の向上
- 軽量化による輸送効率の向上

差別化のポイント

- 高速成形技術による生産技術の革新

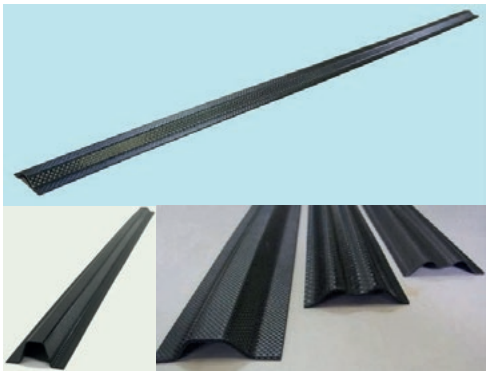
市場規模

- 300億円/年

課題終了後の成果

成果





航空機や車両のフレーム用の部材成形に向け、材料を平織積層材からUD積層材の対応を可能とするべく開発装置の改良を実施し、成形ノウハウの蓄積を進めている

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

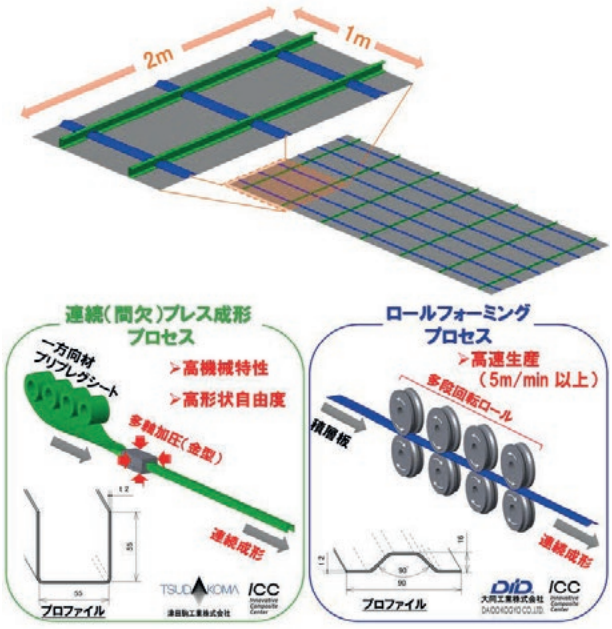
COIプログラム終了後の取組

要求品質の達成に向け、開発装置の更なる改良・成形ノウハウの蓄積に注力

1-b-1 連続成形プロセス（長尺プロファイル材）

社会実装の姿

金沢工業大学、石川県工業試験場、
津田駒工業（株）、大同工業（株）



ターゲットユーザー

・自動車用長尺材
・航空機用長尺材
・汎用長尺部材

ユーザーベネフィット

・2タイプの長尺構造材
・高剛性が必要な長尺構造材
⇒ 高機械特性　連続プレス成形 プロセス

・使用量の多い長尺構造材
⇒ 高生産性　ロールフォーミング プロセス

差別化のポイント

・多軸プレスが可能な ＜熱可塑性CFRPの連続プレス成形＞を確立する連続成形装置/プロセスを開発
・生産性に優れた革新的製造技術＜熱可塑性CFRPのロールフォーミング＞を確立する多段ロール成形装置/プロセスを開発

フェーズⅡの成果

大学での成果

連続成形長尺プロファイル材を適用した
軽量高剛性パネル構造の設計製作



企業での成果

熱可塑性CFRPの連続（間欠）プレス成形
① 高寸法精度　：曲がり±0.2～1.5mm/m
② 高品質/高物性：ボイド率5%以下
③ 生産速度　：0.32m/min

熱可塑性CFRPのロールフォーミング
① 成形速度：5m/min 達成
② 形状精度：良好
③ 曲げ強さ：571MPa 達成

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）		○	○

フェーズⅢ以降の取組

連携プロジェクトとして，航空機向け一方向強化炭素繊維積層材（UD積層材）を用いた高物性CFRTP長尺材の成形プロセスの開発.

2-②-d 自動レイアップ装置の開発

社会実装の姿

津田駒工業(株)



ターゲットユーザー

・航空機業界
・自動車業界
・建築・土木業界

ユーザーベネフィット

・自動化による省人化
・品質・生産性向上

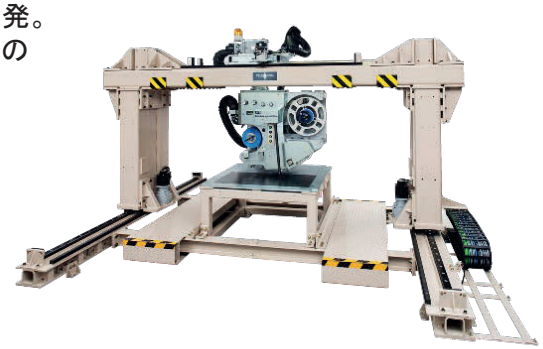
差別化のポイント

・任意の角度で平面積層が可能
・45° ～90° の任意の角度で
テープカットが可能
・端材削減、トリミング工程削減

フェーズⅠの成果

企業での成果

- 超音波ウェルダー溶着を用いた熱可塑性プリプレグシートの部分溶着による積層ヘッドの開発。
- カメラによるプリプレグ積層位置の確認方法の確立
- 自動積層用吸着テーブルの開発
- 自動レイアップ装置の商品化



進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
(開発ステージ)	○	○	○

フェーズⅡ以降の取組

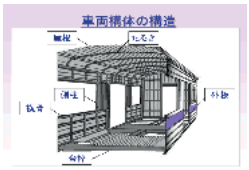
- 自動レイアップ装置をICCへ導入
- 自動レイアップ装置を用いて積層体の製作～成形品製作

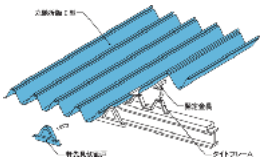
2-②-f ロールフォーミング技術の開発

社会実装の姿

大同工業(株)、金沢工業大学









多様なインフラへの実装が可能

ターゲットユーザー

- 車両メーカー
- 建築メーカー

ユーザーベネフィット

- 車両の高機能化、電動化による重量増分の低減
- 製品の軽量化による現場作業の効率化

差別化のポイント

- 高速成形技術による生産性の向上
- 連続成形による長尺部材の製造

フェーズⅠの成果

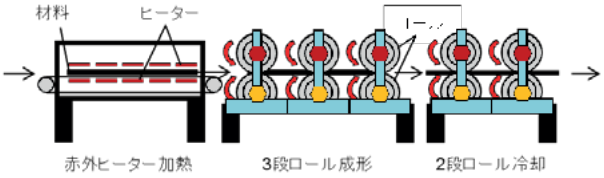
大学での成果

- 材料基礎データの取得
- 1段ロールでのシミュレーションモデルの作成を行い、実機成形挙動にマッチする計算が可能であること等を確認



企業での成果

- フェーズ2から行う予定であった多段ロール成形装置の開発を前倒しし、製作を完了



［数値目標］
①成形速度：5m／分以上
②連続運転で2mの材料を成形可能

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○		

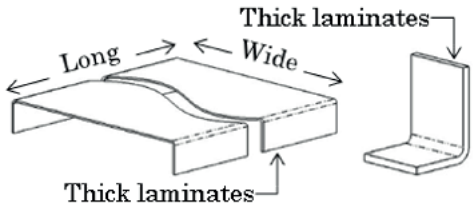
フェーズⅡ以降の取組

開発装置による機械特性・形状賦形向上のための成形プロセス・成形条件の把握に注力

1-c-2 現場施工曲げ加工技術

社会実装の姿

金沢工業大学　布谷勝彦



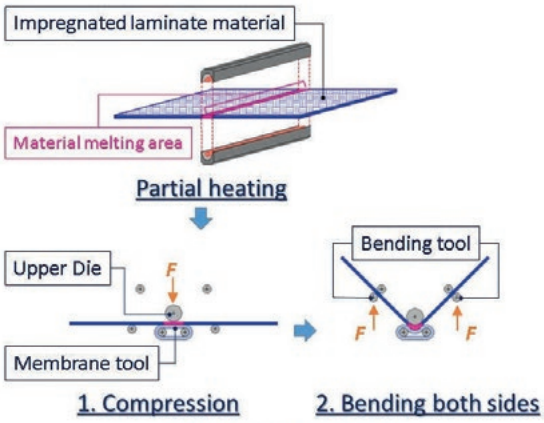
単純断面の厚板CFRTP部材

ターゲットユーザー

・インフラ（土木/建築分野）
・船舶上部構造

ユーザーベネフィット

・大型，厚板の剛性部材の簡便な加工
・単純断面形状の低コスト加工
・低設備コスト（低容量加熱，低加工力）
・ハイサイクル加工



差別化のポイント

・部分加熱加工による加工コスト低減
・FRP特有な衝撃的な破壊挙動の抑制
・積層構造の変形シミュレーション技術

フェーズⅡの成果

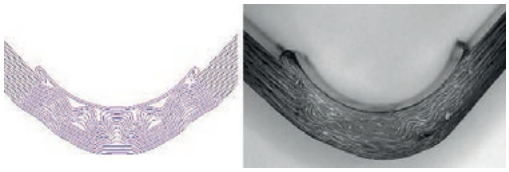
大学での成果

プロセス開発

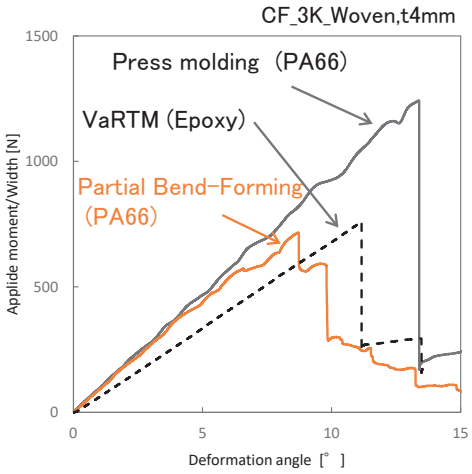
・積層構造に生じるシワ形態の制御プロセスの実証
・そのシワ形状のシミュレーションによる予測に成功

加工品の機械特性

・VaRTM（CF/エポキシ）成形品と比較して同等強度/高剛性
・プレス成形（CF/PA6）と比較して同等剛性
・ FRP特有な衝撃的な破壊挙動の抑制



シミュレーション　　実証実験



強度試験結果

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

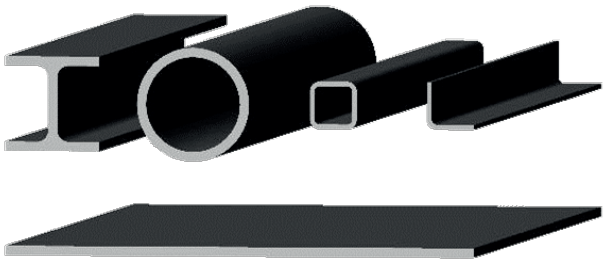
フェーズⅢ以降の取組

・加工装置やプロセスの改良による，強度/剛性バラツキの低減.
・様々な材料にたいして，本プロセス適用の実証.

2-②-c 射出成形、RTM成形

社会実装の姿

ナック･ケイ･エス（株）、
金沢工業大学　布谷勝彦



定尺寸法の厚板汎用FRTP部材

ターゲットユーザー

- ･汎用構造材
- ･汎用配管材
- ･切削加工用材料

ユーザーベネフィット

- ･低コスト
- ･安定した材料特性（規格物性）

差別化のポイント

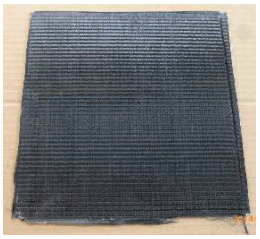
- ･熱可塑樹脂の現場重合技術
- ･モノマー含浸による高品質

フェーズⅠの成果

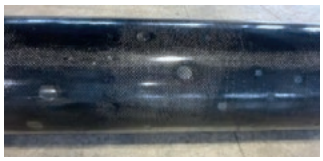
企業での成果

様々な成形法による現場重合熱可塑樹脂の適用を実施し，課題を抽出した．

- ➢ 板材のVaRTM成形の実証
  - 現場重合アクリル/CF_NCF



- ➢ パイプ材の遠心成形の実証
  - 現場重合アクリル/CF_織物



- ➢ ブロック材の成形実証
  - 現場重合ナイロン/CFチョップ材



進捗状況	原理･検証	技術開発	実証･事業化前
（開発ステージ）	○		

フェーズⅡ以降の取組

本テーマは，得た知見をその他のテーマへ展開する．

1-a-3 各種部材の現場重合引抜成形技術

社会実装の姿

岐阜大学、金沢工業大学

社会実装の姿

少子高齢化の社会への急激な進展に伴う住宅の施工省力化の新工法に適用できる住宅パネル材の開発が進み、軽量・高剛性のサンドイッチ平板構造を有するFRPパネルが実用化される。実用化に伴い、FRPパネル・サンドイッチ平板構造を連結する軽量・高剛性・易施工性の継手部は必要不可欠になる。

必要な技術

高剛性・高強度を得るシームレス閉断面構造の設計技術開発

シームレス閉断面構造とする製紐技術開発

高生産性とする高速／高含浸引抜成形技術開発

コンセプト

内部リブ構造を有するシームレス閉断面形状で構造の剛性／強度向上、軽量接手を開発、現場重合型樹脂を用いた高速引き抜き成形技術を開発し高生産性を実現

ターゲットユーザー

・成形加工メーカー様
・建築・土木資材メーカー様

ユーザーベネフィット

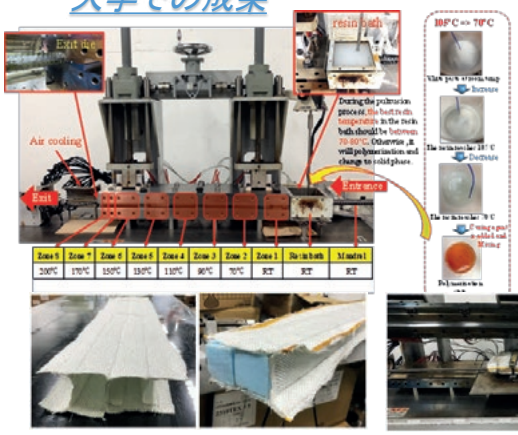
・シームレス閉断面構造による高強度／高剛性を活かした部材の軽量化
・高速引き抜き成形による高生産性の可能性

差別化のポイント

・現場重合型の熱可塑性樹脂を用いたシームレス閉断面形状引抜成形技術

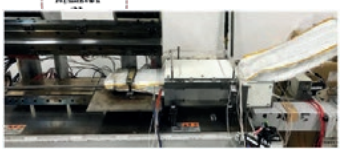
フェーズⅡの成果

大学での成果



・FRPパネル構造の継手部を想定した成形技術を構築し、個々の要素技術（構造設計、製紐、樹脂含浸、迅速成形の要素技術）を確立した。
・現場重合型樹脂を用いた閉断面形状の引抜成形の高速化技術を検討し、金型構造の最適化により、高速化の可能性を見出した。

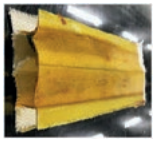
シームレスプリフォーム：設計製紐可能
コア材同時成形投入可能



現場重合型樹脂含浸可能



引き抜き成形可能



シームレス
中空成形品
課題コア材溶出

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	－

フェーズⅢ以降の取組

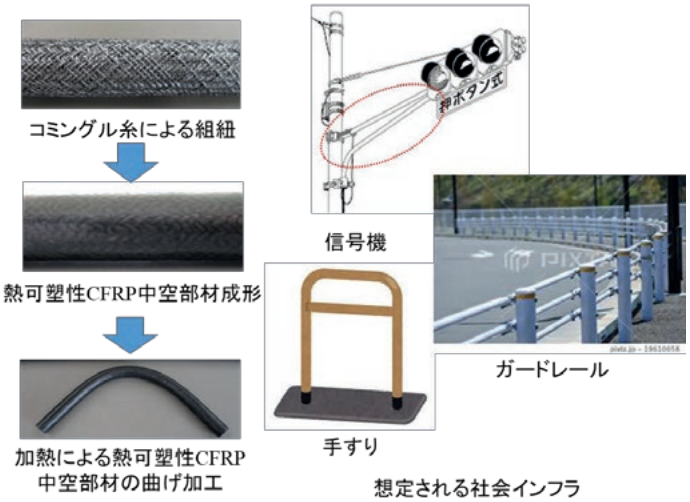
技術（設計・製紐・樹脂含浸・引抜成形）構築を完了の上、事業化協業先を探索中

2-①-c ブレード（組紐）、中間基材の開発（中空部材）

石川県工業試験場、金沢工業大学
岐阜大学　仲井朝美

社会実装の姿

コンセプト：
加熱することで曲げ加工可能な中空部材



想定される社会インフラ

ターゲットユーザー
・土木・建築ユーザー

ユーザーベネフィット
・簡便な加熱装置で中空部材を曲げることができるので現場合 わせが可能。

差別化のポイント
・簡便に曲げ加工を行うことが可能。

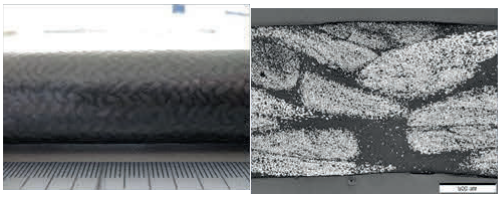
フェーズⅠの成果

大学での成果　＊「2-①-b　コミングル、牽切紡、長繊維UDシート」の成果を応用

①コミングル糸による製紐条件の確立

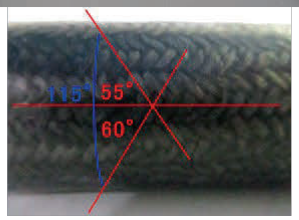


②組紐のCFRP化と樹脂割合の把握



③組紐の組角度と曲げ角度の関連性の把握





進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

フェーズⅡ以降の取組

COIでの研究開発は終了

2-①-d ハイブリッド基材、成形技術の開発

－耐久性に必要な機能を必要な部位に限定的に効率よく付与する技術の開発－

社会実装の姿

岐阜大学

社会実装の姿

耐久性（耐候性、難燃性、自己消火性等々）に必要な機能を必要な部位に効果的に付与する技術を開発し、構造材料が100年の健全性を維持できるようになる。

必要な技術

構造部材としてインフラ構造物に適用するためには、屋外用であれば耐候性や耐エロージョン性が、建築部材であれば難燃性や自己消化性などが必要である。また、長期耐久性のうち、マトリックスに熱可塑性樹脂を用いる場合には、樹脂がクリープ変形しやすいため、耐クリープ性の向上が必要となるなど、構造部材として使用するためには、使用環境に応じた機能性の付与が必要である。

必要となる機能のほとんどは暴露表面など特定箇所に限定されるため、必要な部位（表面）のみに必要な機能を付与するような、例えば傾斜材料やハイブリッド材料の開発が有効である。さらに生産性の観点から、ハイブリッド化は成形時に成形と同時に行うことができる技術である必要がある。

コンセプト

耐久性に必要な機能を必要な部位に限定的に効率よく付与する技術の開発

ターゲットユーザー

・材料メーカー等
・成形メーカー等

ユーザーベネフィット

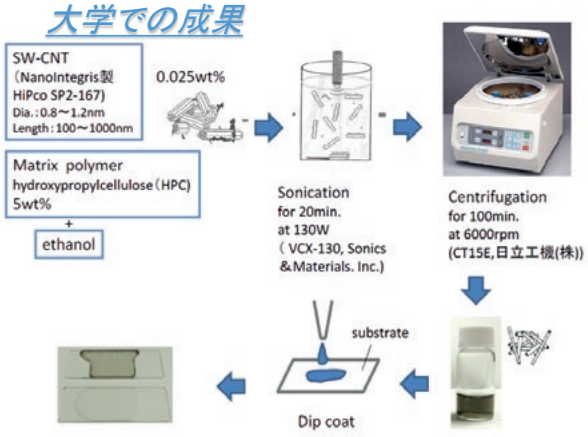
・必要な機能を必要最小限の処理で付与することによる環境負荷低減とコスト低減

差別化のポイント

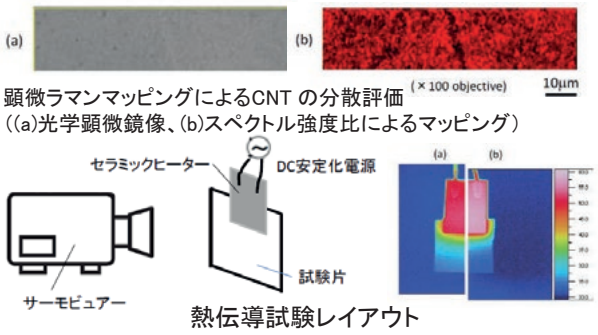
・高熱伝導率を得る表皮材の開発

フェーズⅠの成果

大学での成果



高熱伝導付与膜の作製方法



顕微ラマンマッピングによるCNT の分散評価
((a)光学顕微鏡像、(b)スペクトル強度比によるマッピング)

熱伝導試験レイアウト

CNT(Carbon Nano Tube)の分散性に優れ少量添加でも高い導電性を実現するHPC(ヒドロキシプロピルセルロース)をマトリックスに用い、シングルウオールのCNT(NanoIntegris Inc., HiPCO SP2-167)を均一に分散させた表皮材の組成を決定し、高熱伝導性を得た。

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	－	－

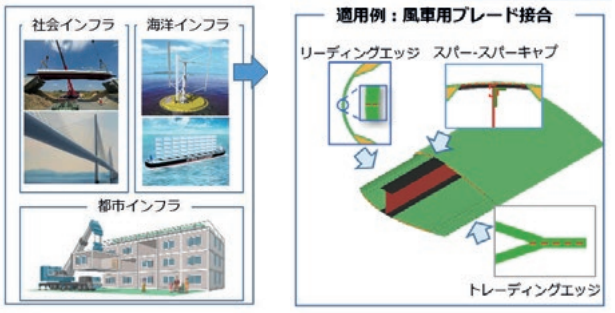
フェーズⅡ以降の取組

テーマ中断

1- c -1 接合技術

澁谷工業(株)、岐阜県工業技術研究所、
金沢工業大学　遠藤和弘、池永訓昭、
金崎真人、植村公彦

社会実装の姿



ターゲットユーザー

・各種インフラ(2次加工)業界

ユーザーベネフィット

・軽量化
・自動化
・部品点数削減

差別化のポイント

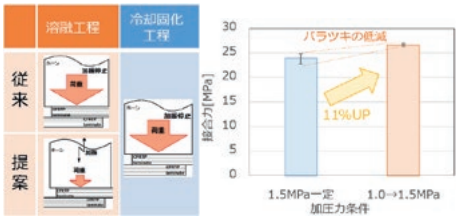
・ 熱可塑CFRPを用いることで、溶着が可能 (軽量化)
・ プラズマ接合においては溶融させることも必要としない接合方法のため、材料にダメージ与えることなく接合が可能

フェーズⅡの成果

大学での成果

超音波溶着

溶着全工程を
①加振中の溶着工程
②加振停止後の冷却固化工程
に分割して、其々に最適な加圧力を検討

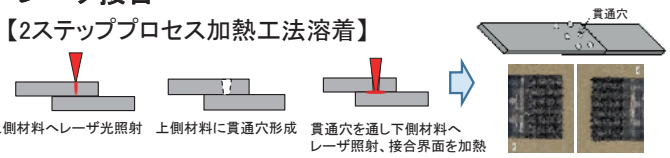


加振時の加圧力を抑制することで接合力のバラツキ抑制、接合力の増加が得られた

企業での成果

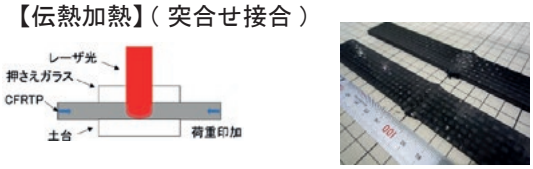
レーザ接合

【2ステッププロセス加熱工法溶着】

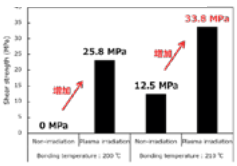


上側材料に貫通穴を形成し、貫通穴を通して下側材料へ直接レーザを照射接合界面を加熱する工法(厚板接合工法)

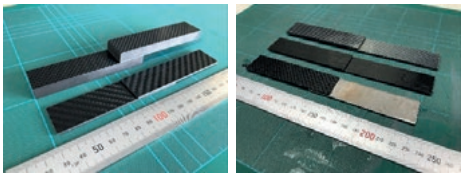
【伝熱加熱】(突合せ接合)



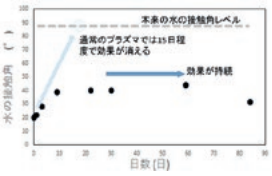
プラズマ接合



プラズマ照射により接合力向上



厚板、異材の接合に成功



プラズマ照射効果持続性を確認

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
(開発ステージ)	○	○(レーザ)	

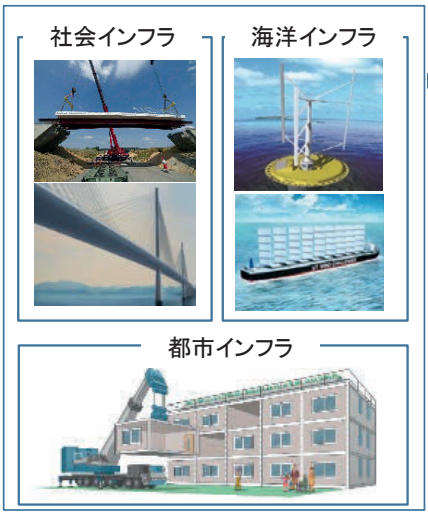
フェーズⅢ以降の取組

・ 成果物実体を製造する過程で必要な接合方法の要素技術開発
・ 共通課題として技術開発すべき項目(連続接合プロセス、平板突合せ接合の展開等)

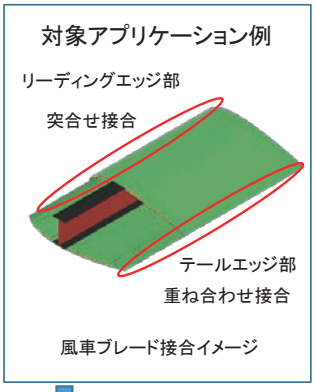
2-②-e レーザー溶接技術の開発

社会実装の姿

金沢工業大学　池永訓昭、澁谷工業(株)



二次加工技術
レーザー接合適用



ターゲットユーザー

・社会インフラ等の構造材二次加工分野

ユーザーベネフィット

・施工の簡易化、省人化、軽量化

差別化のポイント

・一般的に複合材で使われているのは、嵌合、ボルト締結、接着剤等であるが、大型部材の高効率接合には不向きである。
・レーザー接合を適用することで、熱可塑性樹脂の特徴を生かした効率の良い接合が可能となる。

CFRTP成型品レーザ連続溶着システムの開発

フェーズⅠの成果

社会インフラの構造材に使用が検討されている厚肉材料(CFRTP)のレーザを用いた接合工法の確立を目的とし、板厚10mmのCFRTP板同士の重ね合わせおよび突合わせ接合(加工速度5m/min)が必要接合強度で接合することを最終目標とした。
フェーズⅠでは、CFRTP同士のレーザ接合可否を確認する為、レーザ照射による接合界面の温度条件の明確化を目標とした。

機器、装置



ファイバーレーザ加工機
SPF4320型(澁谷工業製)

定格出力:1800W(波長1070nm)
駆動方式:高精度ラック&ピニオン
早送り速度:50m/min

図1. 実験装置外観写真および仕様

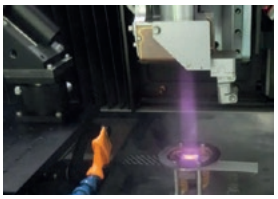


図2. 重ね合わせ接合実験(レーザ照射中)

成果

・サーモグラフィによる温度分布測定を行いCFRTPとPA66の接合プロセスを温度分布の観点から検討し、接合に必要な温度条件を明確化した。
・CFRTP同士の重ね合わせ接合において、66ナイロンのせん断強度レベルの接合強度が得られた。

CFRTP板材とPA66板材の重ね合わせ接合における
PA66板材溶融範囲と温度分布の相関関係

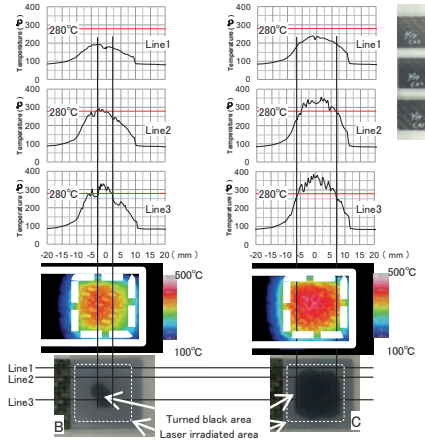


図3. 接合界面の温度条件分析結果

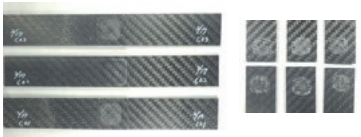


図4. 重ね合わせ接合した試験片

図5. 引張試験後試験片(接合部)

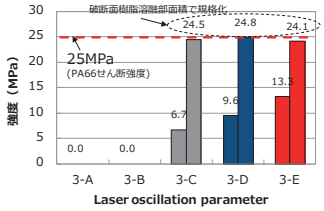


図6. レーザ照射面積(□20mm)で規格化した最大接合強度

フェーズⅡ以降の取組

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
(開発ステージ)	○	○	

板厚5mmのCFRTP同士の接合技術の確立

1-①-d プラズマ処理技術の開発

－プラズマを用いた界面特性の向上、接合技術への適用－

社会実装の姿

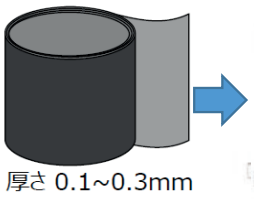
金沢工業大学　遠藤和弘

国内の橋梁は高度経済成長期に集中的に建設されたため、老朽化が深刻

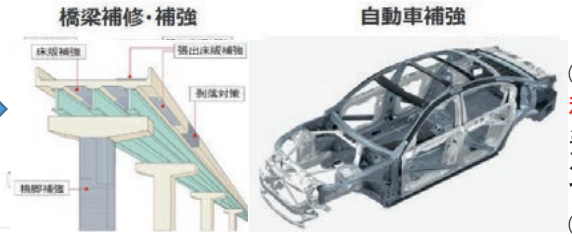


日本、欧州、米国において、自動車の排ガス・燃費規制は年々 厳しさを増しており、軽量化と剛性が求められている。

高接着性CFRPシート（プラズマ照射により官能基を付与）



厚さ 0.1~0.3mm



ターゲットユーザー

- 国や地方自治体、高速道路等の道路管理者
- 大手ゼネコンとそのネットワーク
- 自動車メーカー
- 成形加工メーカー

ユーザーベネフィット

- **喫緊の橋梁補修・補強問題**を解決できる。
- **自動車の燃費規制**をクリアーできる。

差別化のポイント

- 我々のプラズマ照射した高接着性CFRPシートを用いることに拠り、

① 橋梁補修・保護が容易になり、工程の削減・工期の大幅短縮で人件費が削減、曲げ強度向上でメンテナンス費用削減、塩害や錆に強い。

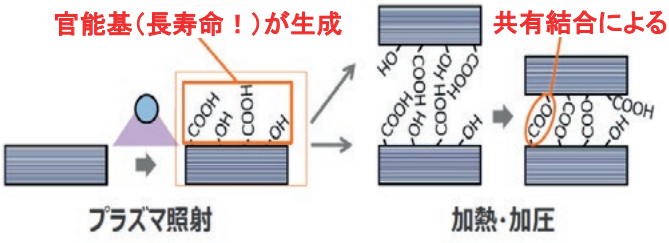
② 金属との接合で、軽量かつ高強度の自動車ができる。

フェーズⅠの成果

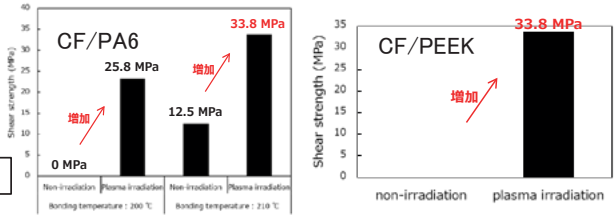
大学での成果　プラズマ接合技術の特長・優位性

① **融点未満の温度で接合**(母材の劣化・変形を抑える)
② **ボルトや接着剤を使わない**
③ **官能基が長寿命、現場で接合可能**
(プラズマ後に保管でき，産業資材として流通可能)
④ **大面積・高速接合が可能**

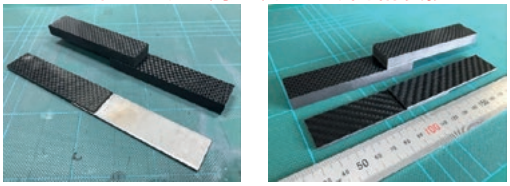
化学結合の中で、最強の結合力



せん断強度測定　（CFRPが母材破壊していたので、真の接合強度はこの数値以上！）



厚板、金属の接合
（溶かさずに，強く，美しく、高精度接合）



進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	◎	

フェーズⅡ以降の取組

事業化に向けて注力し、ベンチャーをスタートアップ。
インフラ／モビリティーに展開。

2-②-h 加工技術

社会実装の姿

金沢大学、岐阜県産業技術総合センター

加工技術の必用性

本拠点では、環境性能に優れ、高機能（軽量、長期耐久性、自己修復性、難燃性等）、かつ柔軟な設計が可能で、施工がしやすく、さらには、建設後も移設やリサイクルが容易な「革新材料」の開発を目指しており、CFRPのような複合材料の開発が想定される。CRFPは、加工の難しい材料であるため、「革新材料」においても加工技術の開発は社会実装のために必要不可欠な技術となる。

社会実装の姿



工具メーカーによる
長寿命工具の製作



加工メーカーによる工具使用

ターゲットユーザー

・加工メーカー等
・工具メーカー等

ユーザーベネフィット

・工具長寿命化および加工品質向上による製造コスト削減によって、低価格な製品を提供

差別化のポイント

・高品位機械加工手法の開発
・コーティング膜の開発
・長寿命切削工具の開発

フェーズⅠの成果

(1)高品位機械加工手法の開発

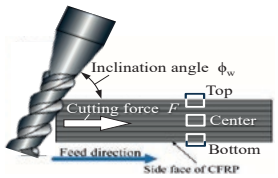


図　傾斜切削

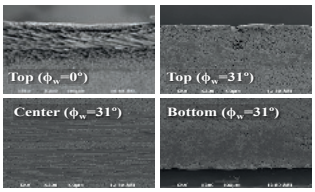


図　加工面性状(SEM)

強ねじれエンドミルによる傾斜切削によって良好な仕上げ面が得られる。

(2)工具及び金型コーティング膜の開発

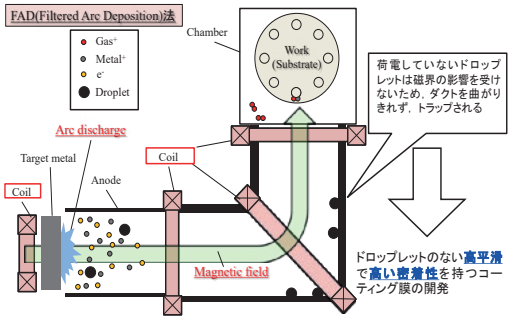
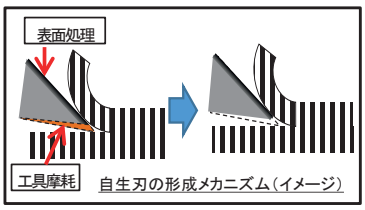


図　FADコーティング装置

TiCN膜、DLC膜ともにFAD法に特有の平滑で摩擦係数の低い膜の生成に成功。

(3)長寿命工具の開発



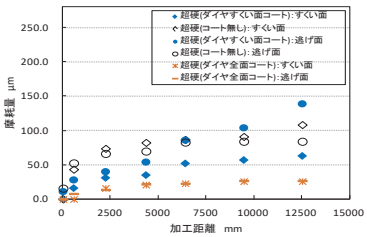


図　超硬工具における摩耗量

すくい面コーティング工具の切削性について、比較評価を実施。

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○		

フェーズⅡ以降の取組

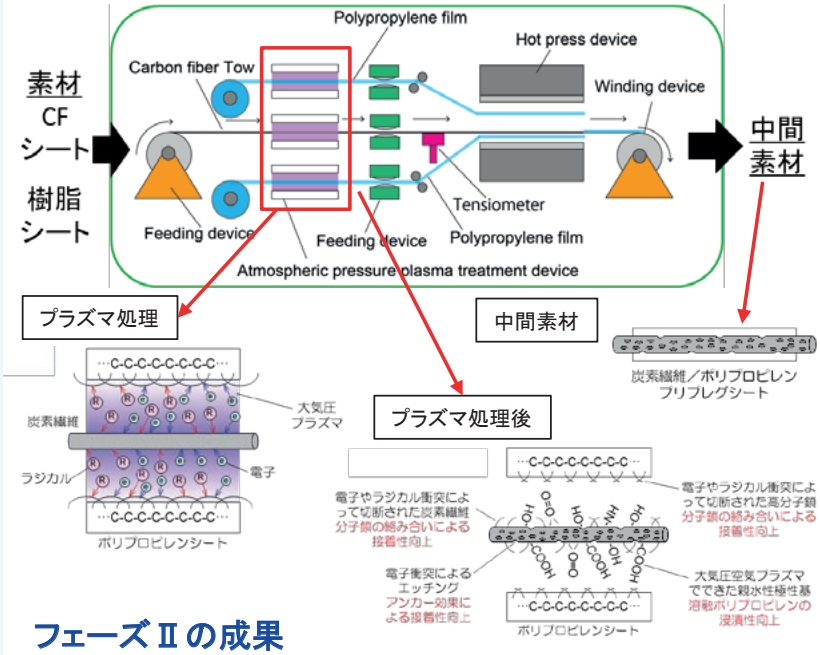
COIでの研究開発はフェーズⅠで終了。

2-a-1 高機能性材料
2-a-5 界面に関する技術

－大気圧プラズマ処理による界面最適化CF／母材プリプレグ自動・連続量産装置の開発－

金沢工業大学
田中基嗣、大澤直樹、斉藤博嗣、大澤敏

社会実装の姿



ターゲットユーザー

・インフラ等向けのCF/熱可塑性樹脂中間素材メーカー

ユーザーベネフィット

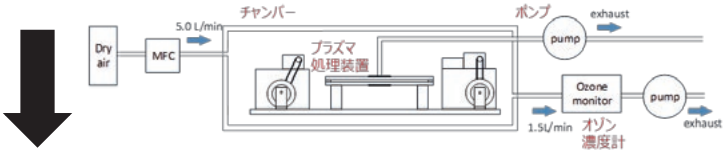
・最適特性を持つCF/熱可塑性樹脂プリプレグ（中間素材）の大量生産が可能となる。

差別化のポイント

・素材への侵襲性の低減
・界面制御工程の簡易化
・密閉空間の不要化
・多様な材料種への適用性

フェーズⅡの成果

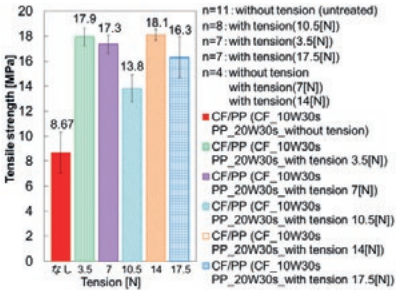
排出オゾンガス減少方法の構築



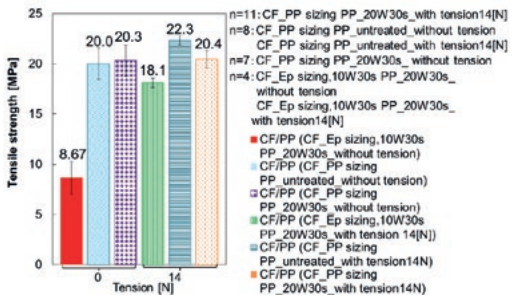
	触媒設置前	触媒設置後	効果
ポンプ排気中のオゾンガス濃度	98ppm	0ppm	-98ppm

極限界面特性の達成

Feeding & Winding deviceによるテンション導入・制御を組み合わせて，極限近傍まで界面特性（繊維直角方向引張強度）を向上させることができた。



通常CFの場合



サイジングCFの場合

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

フェーズⅢ以降の取組

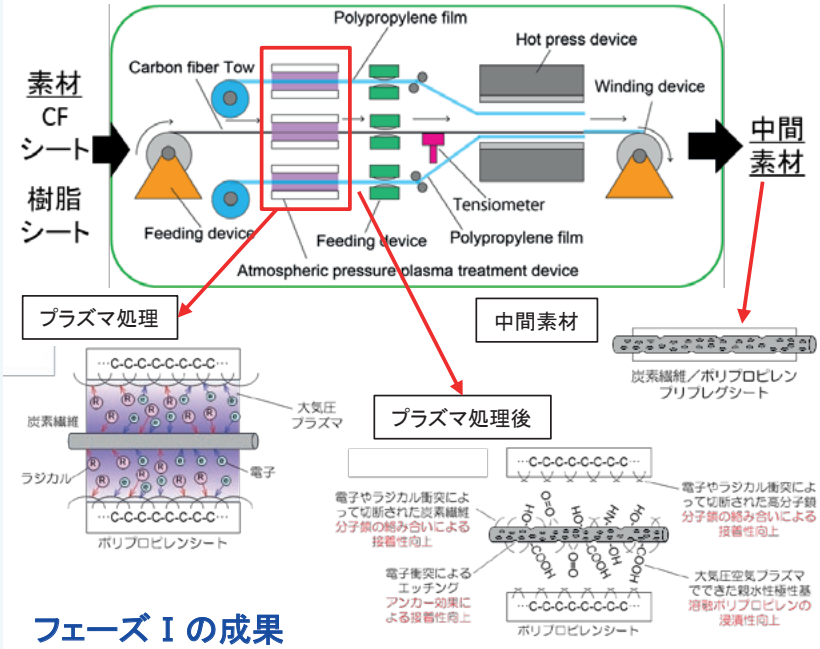
これまでに開発してきた各構成要素の精微化をはかるとともに、これらをインテグレートした上で大型化したシステムを構築・最適化し、社会実装を実現することを目指す。

1-①-d プラズマ処理技術の開発

－大気圧プラズマ処理による界面最適化CF／母材プリプレグ自動・連続量産装置の開発－

金沢工業大学
田中基嗣、大澤直樹、斉藤博嗣、大澤敏

社会実装の姿



ターゲットユーザー

・インフラ等向けのCF/熱可塑性樹脂中間素材メーカー

ユーザーベネフィット

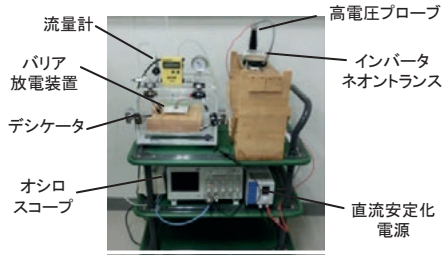
・最適特性を持つCF/熱可塑性樹脂プリプレグ（中間素材）の大量生産が可能となる。

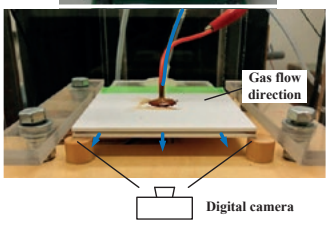
差別化のポイント

・素材への侵襲性の低減
・界面制御工程の簡易化
・密閉空間の不要化
・多様な材料種への適用性

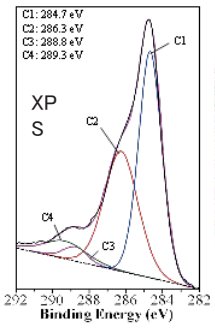
フェーズⅠの成果

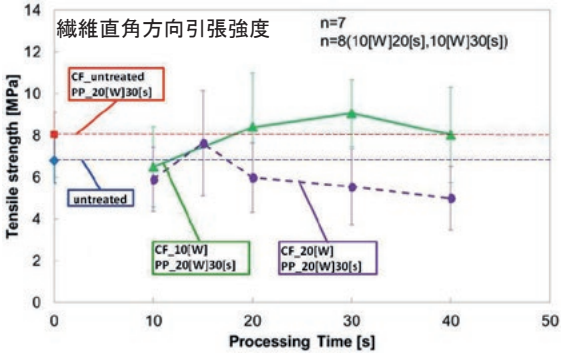
小型大気圧プラズマ処理装置の構築





最適処理条件の同定





適切な処理条件：材料表面への官能基導入
⇒CF/PP界面での化学結合

過剰な処理条件：CFの損傷・劣化

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

フェーズⅡ以降の取組

大気圧プラズマ処理時に発生するオゾンの除去方法の構築およびFeeding & Winding deviceの開発・最適化による極限界面性能実現に注力

2-a-1 高機能性材料
2-a-5 界面に関する技術開発

－新規相溶化剤のiPP-PAAの開発－

金沢工業大学　附木貴行

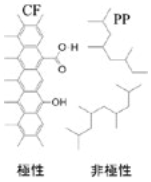
社会実装の姿

繊維強化プラスチックの界面接着性の改善

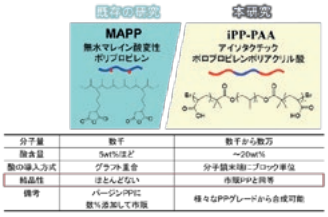
◆繊維（炭素繊維、ガラス繊維、バイオマス繊維）
◆高強度、軽量、補強用添加剤に使用

課題：樹脂と繊維の相溶性の低下
　疎水性樹脂との界面接着性が低く補強効果が十分に発揮されない

　非晶性の相溶化剤による親和性の向上
　　→ 母材の結晶性、力学物性の低下

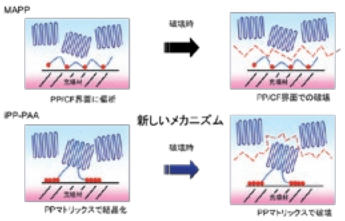


新技術の特徴・従来技術との比較



分子量	数千	数千から数万
酸含量	5wt%ほど	~20wt%
酸の導入方式	グラフト重合	分子鎖末端にブロック単位
結晶性	ほとんどない	市販PPと同等
備考	バージンPPに数%添加して市販	様々なPPグレードから合成可能

iPP-PAA の炭素繊維複合材料への期待



ターゲットユーザー
・FRP構造部材
・Auto mobile

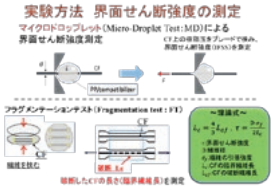
ユーザーベネフィット
・材料の薄肉化、軽量化
・コスト低減

差別化のポイント
・母材の結晶性を低下することなく、界面接着性を向上する。
・導電性を維持できる。

フェーズⅡの成果

大学での成果

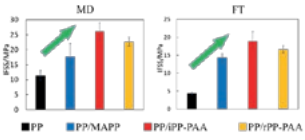
実験方法　界面せん断強度の測定



- 成形条件（混練）の確立
- 添加量の調整
- 界面接着性の評価
- 各官能基の接着効果の確認

実験データ　界面せん断強度



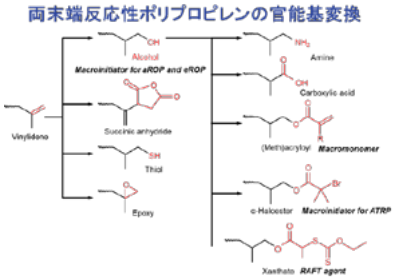


iPP-PAA添加により界面せん断強度が向上

企業での成果

株式会社三栄興業の取り組み

両末端反応性ポリプロピレンの官能基変換



- 相溶化剤の合成の簡略化
- 様々な官能基の変換による接着性への効果
- コスト軽減

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）			○

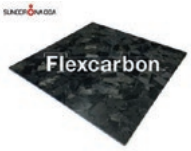
フェーズⅢ以降の取組

新規相溶化剤であるiPP-PAAは、商品化され、少しずつ企業で使用。
更に改良を加え、機能性を付与。

連携プロジェクト1 ランダムシート

社会実装の姿

サンコロナ小田（株）



従来の炭素繊維複合材料では成し得なかった、
複雑形状成形性・高強度を同時に実現し、
かつ**量産が可能**な画期的な製品（プレス成形用シート）

【製品の利用イメージ】



ターゲットユーザー

・軽量高強度のCFRP部品を求めるユーザー

ユーザーベネフィット

・プレス成形によるCFRP成形品の量産製品適応

差別化のポイント

・材料の高均質性
・大判ランダム材の市場提供
・易成形性

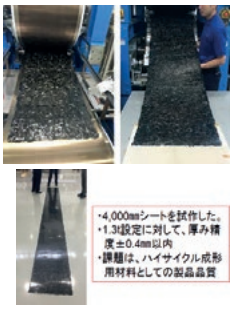
市場規模

・成形用中間材料（シート）120t／年（2028年）

課題終了後の成果

大学での成果

・ダブルベルトプレスによる長尺シート（4,000㎜）製造技術の確立



企業での成果

・均質テープ分散技術の確立
・自動散布積層設備の開発・実用化
・2017年よりシート販売開始
・国内スポーツ用具メーカーの陸上競技用シューズのソールに採用
・労働補助装具部品に採用





進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	○

COIプログラム終了後の取組

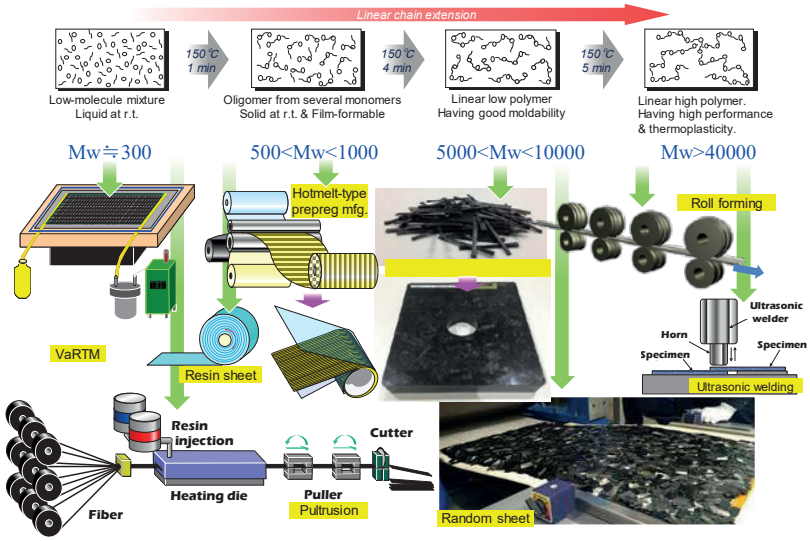
大判シート（1,000×1,500㎜）の高効率製造技術を確立し、適応製品拡大する。

1-a-1 ダブルベルトプレスによる連続製造プロセス（平板）
1-a-3 各種部材の現場重合引抜成形技術

－熱可塑エポキシ樹脂の開発－

金沢工業大学　西田裕文

社会実装の姿



ターゲットユーザー

・プリプレグ製造メーカー
・FRP製造メーカー

ユーザーベネフィット

・高含浸性
・二次賦形性
・高い靭性

差別化のポイント

・エポキシ樹脂の熱可塑化を可能にする触媒の開発
・モノマー含浸後の重合
・自在な重合の停止と再開

フェーズⅡの成果

大学での成果

➢従来のエポキシ樹脂を原料としながらも、直鎖状にのみ重合させる触媒を開発し、現場重合型熱可塑性樹脂としての使用を可能にした。
➢重合物やそれをマトリックスとするFRTPの物性を評価し、非常に優れた耐衝撃性を有することを明らかにした。
➢他の現場重合型熱可塑性樹脂とは異なり、任意の重合度で一旦重合を停止させたり、再加熱により重合を再開させたりできる機能を見出し、上図に示す多種多様な成形プロセスに応用可能であることを実証した。

企業での成果

➢ 小松マテーレ社では、熱可塑エポキシ樹脂をマトリックスとする炭素繊維ストランドロッドCABKOMA®を開発し、耐震補強用緊張材、駅の転落防止柵などへの採用実績がある。
➢ サンコロナ小田社では、チョップドストランドからランダムシートFlexcarbon®を開発し、スポーツ用品（スパイクレスシューズ）や、アシストスーツ（archelisFX®）といった採用実績がある。

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	○

フェーズⅢ以降の取組

自動車分野など、耐熱性を要求される用途にも適用できるようにするため、ガラス転移温度（T_g）を100℃（現状）から130℃（目標）に向上させる検討を行なった。

T-g FRP補強筋
2-c PVA高強度繊維の開発

社会実装の姿

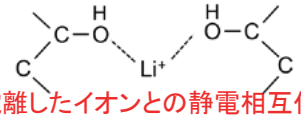
北陸先端科学技術大学院大学　松村和明、山口政之







リチウム塩添加によりPVAの結晶性を抑制し、レオロジー物性を最適化することで紡糸時の欠陥を無くし、高度延伸可能な高配向の高強度繊維を作成する。



電離したイオンとの静電相互作用

	弾性率 (GPa)	強度 (GPa)	比重
炭素繊維	294-324	5.9-7.0	1.81
ｶﾞﾗｽ繊維	73	2.1	2.54
PVA繊維 理論値	281	27	
研究ﾚﾍﾞﾙでの最高値	121	5.1	
市販品の最高値	43	2.0	1.30

PVA繊維の力学特性は、水素結合による延伸性の低下が原因となり、理論値よりも大幅に低い

PVA繊維は比重が小さく、
理論的強度・弾性率が高い

ターゲットユーザー

・風力推進船のFRP帆、
風力発電ブレードなど
大型構造用材料

ユーザーベネフィット

・軽量化
・製造コスト低減効果

差別化のポイント

・ガラス繊維、炭素繊維より軽く安価で、同等以上の強度・弾性率。部材の軽量化によりCO_2削減などに資する。

フェーズⅢの成果

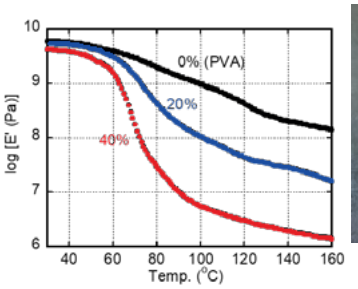
大学での成果

リチウム塩（LiI、LiBr）添加により、水素結合の抑制効果を確認

自作の湿式紡糸装置により、リチウム塩添加PVAの繊維の紡糸の成功

紡糸後の加熱延伸において、最大延伸倍率を8倍まで向上することに成功

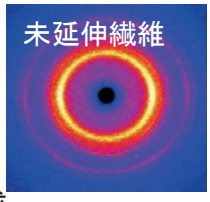
結晶化度と配向度の向上に成功

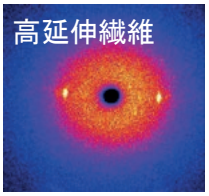


塩の添加と共に水素結合および結晶性が低下し弾性率が低下



右：LiBr添加繊維。8倍まで加熱延伸可能





高配向度・高結晶化度

リチウム塩無添加繊維に比べて有意に高い強度と弾性率を達成

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

COIプログラム終了後の取組

ガラス繊維並の強度と弾性率を得るため、装置の改良、条件の最適化に注力。
エポキシなどのマトリックスとの接着強度の測定および向上のための表面処理なども行い、コンポジットとしての実用化を目指す。

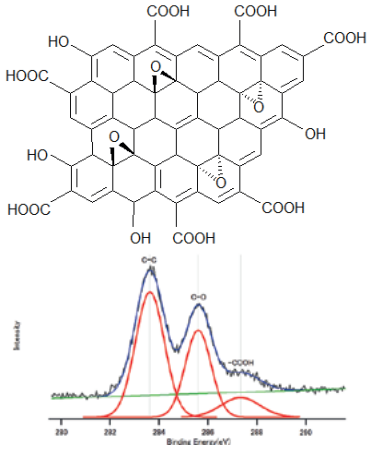
2-a-1 高機能性材料
2-a-6 繊維に関する技術開発

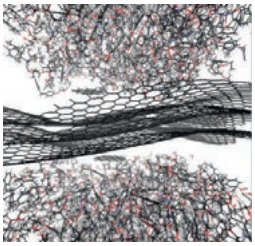
– 高機能ナノカーボンの創成とコンポジット材料への展開 –

北陸先端科学技術大学院大学　松村和明、山口政之
岡山大学　松浦宏治

社会実装の姿

ナノカーボン（酸化グラフェン）の合成とその分散技術の推進によるコンポジット材料の作製





マトリックスと酸化グラフェンのコンポジット化

酸化グラフェンの構造とXPS分析

ターゲットユーザー

・大型構造部材企業など

ユーザーベネフィット

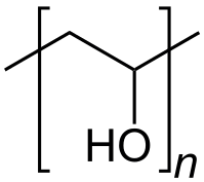
・安価かつ高強度の部材の開発
・軽量化に伴うコスト削減

差別化のポイント

・安価かつ高機能なナノカーボンの大量合成可能
・繊維・マトリックスへの分散性

フェーズⅡの成果

大学での成果



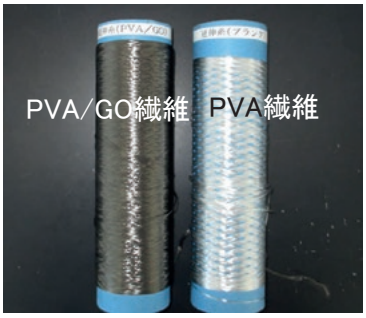
・結晶性高分子（ポリビニルアルコール）への酸化グラフェン分散技術の確立



延伸紡糸

・結晶性高分子の紡糸

超音波処理により、PVA溶液への分散性を向上させ、紡糸性の向上を確認した。



酸化グラフェン混合PVA紡糸

均一分散繊維の作成に成功

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

フェーズⅢ以降の取組

PVAを用いた高強度繊維開発に注力

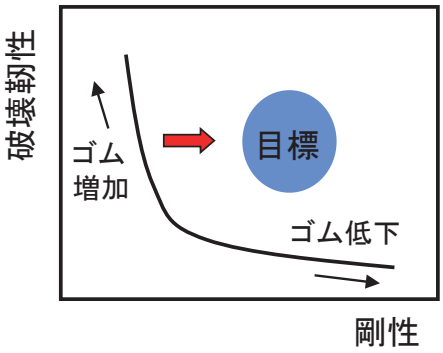
1-①-c 炭素系微細繊維の局在化を利用した複合材料の開発

社会実装の姿

北陸先端科学技術大学院大学　山口政之

汎用プラスチックであるポリプロピレン(PP)とカーボンナノチューブ(CNT)から得られた高剛性・高耐衝撃性の熱可塑性複合材料で、輸送機械の軽量化を進める。

ゴム添加プラスチックにおける剛性と破壊靭性のバランスと開発目標



ナノサイズの炭素系微細繊維をプラスチック/ゴムブレンドの連続相中のみに局在化

ターゲットユーザー

・自動車など輸送機械メーカー

ユーザーベネフィット

・製品厚みの低減とそれに伴う軽量化
・製品軽量化に伴う製造エネルギーの低減

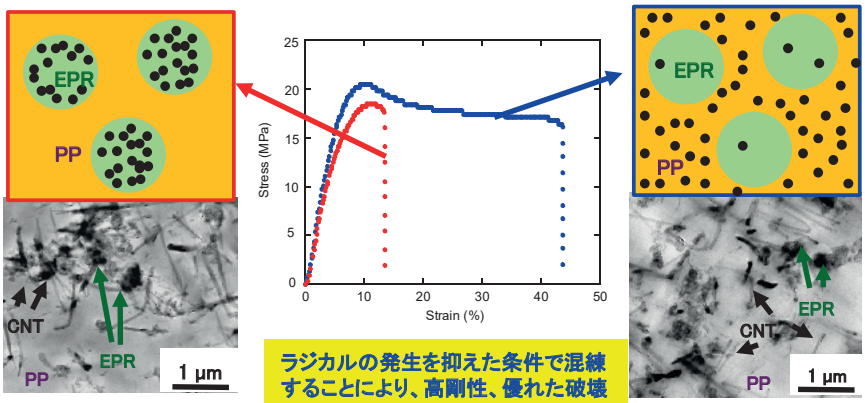
差別化のポイント

・破壊靭性を大きく損なうことなく、高剛性化を達成

フェーズⅠの成果

大学での成果

ゴムブレンドで最も汎用性の高いポリプロピレン(PP)系樹脂を用いて、カーボンナノチューブ(CNT)を連続相にのみ局在化させることで、剛性が高く、破壊靭性に優れた材料を設計。混練条件が局在化を決定づけることを把握。



280℃混練
窒素パージなし

ラジカルの発生を抑えた条件で混練することにより、高剛性、優れた破壊靭性の熱可塑性複合材料を提供

190℃混練
窒素パージ

Composites Part B, **78**, 409 (2015).

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
(開発ステージ)	○	○	

フェーズⅡ以降の取組

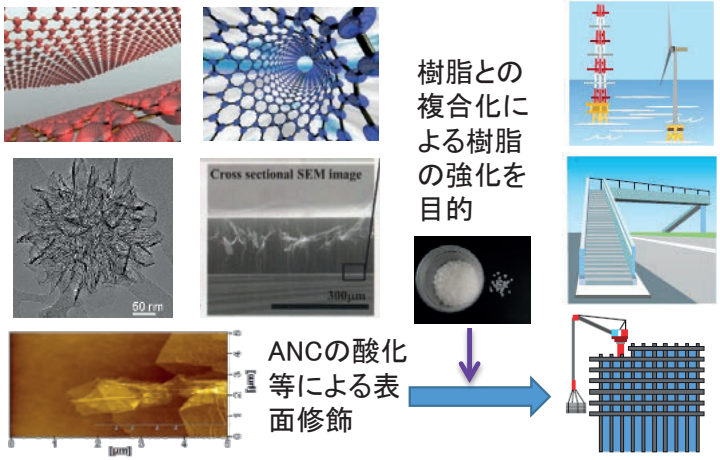
ポリビニルアルコールによる高剛性繊維の設計に注力

1-①-a ANC製造技術及び利用技術の開発

社会実装の姿

岡山大学　松浦宏治、他8名

目的:海洋、社会、住宅インフラへの適用可能なアドバンスドナノカーボン(ANC)を含む樹脂複合材料の開発



樹脂との複合化による樹脂の強化を目的

ANCの酸化等による表面修飾

ANCの分子モデリング・顕微鏡像

ターゲットユーザー

・樹脂成型加工メーカー
・構造インフラ関係者

ユーザーベネフィット

・ナノコンポジット化で樹脂側の強化や機能化が期待できる。

差別化のポイント

・用いる樹脂に応じてANCの表面物性を改質し高機能化を図る。
・CNTシートと樹脂シートの積層化による成型プロセス単純化

フェーズⅠの成果

大学での成果

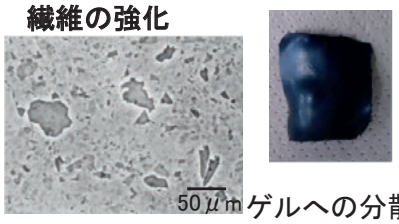
熱CVDによる超高密度・長尺CNT基板からのCNTシートの連続引き出し性能の向上

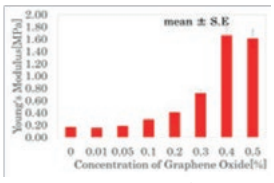
鉄触媒の面内均一化
熱CVDの成長条件の最適化



条件の最適化および装置改良を実施することで、CNTシートの大量合成技術に目処

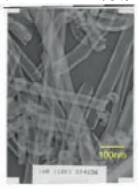
酸化グラフェン(GO)によるポリビニルアルコール(PVA)繊維の強化





ゲルへの分散制御によりヤング率上昇

高速せん断混練によるCNTのPP分散





1000 rpm混練で引張弾性率の10%上昇

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○		

CNT:カーボンナノチューブ

PP:ポリプロピレン

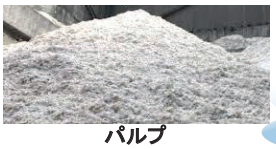
フェーズⅡ以降の取組

本課題はフェーズⅠで終了し、一部はフェーズⅡPVA繊維の開発に継承する。

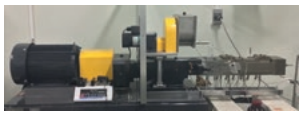
T-a 建築向けFRPパネル
2-dセルロース樹脂CFRPペレットの開発

モーリン化学工業(株)、
金沢大学　髙橋憲司、和田直樹

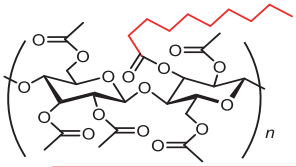
社会実装の姿


パルプ

セルロース


二軸混練押出機

イオン液体法



熱可塑性樹脂

セルロースの誘導体化による熱可塑化

PCT登録査定済
ドイツ(2017)、米国(2018)、日本(2020)


炭素繊維

CFRPペレット



ターゲットユーザー
・樹脂関連企業
・バイオマス関連企業

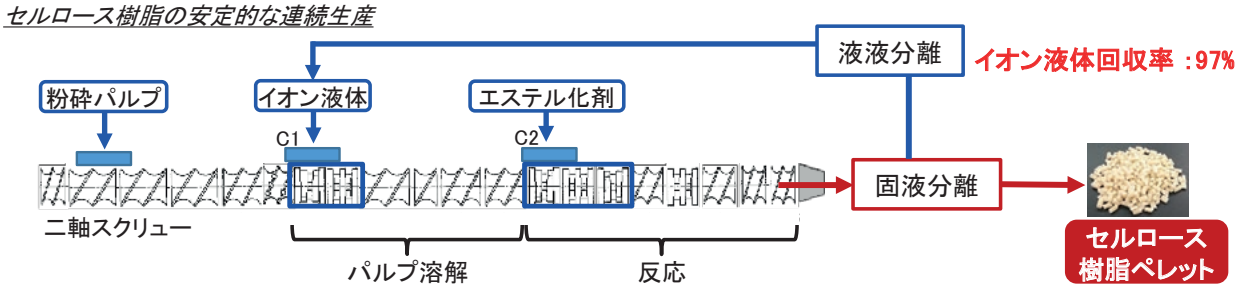
ユーザーベネフィット
・石油樹脂からの脱却
・持続可能性

差別化のポイント
・バイオマス由来の環境持続性を有する高強度素材

フェーズⅢの成果

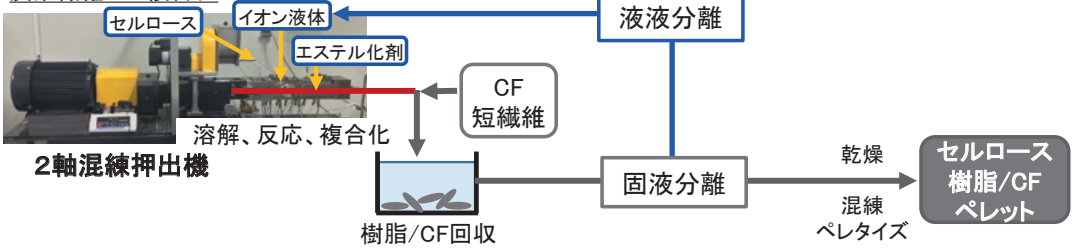
大学での成果

セルロース樹脂の安定的な連続生産



安定的な連続生産(2トン/年/台)
石油由来プラ→植物由来プラに代替で二酸化炭素削減
現状の反応時間48時間→10分に短縮(3.5/1000に短縮化)。省エネ＝二酸化炭素削減

炭素繊維との複合化



進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
(開発ステージ)	○	○	○

COIプログラム終了後の取組

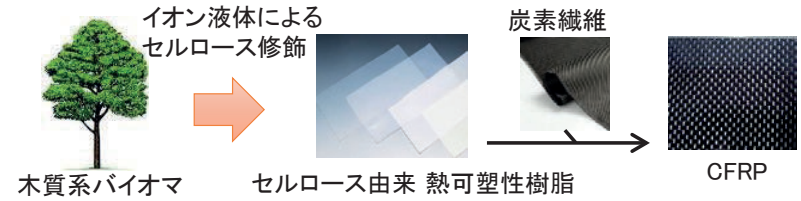
革新的セルロース樹脂製造技術の社会実装、炭素繊維との連続複合化技術の実証

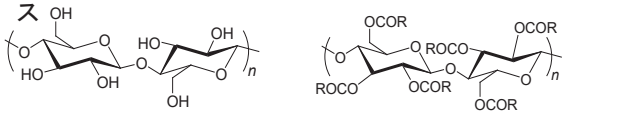
2-a-2 革新バイオ材料
2-a-4 樹脂に関する技術開発

－木質バイオマス由来のセルロース誘導体を母材とした熱可塑性CFRPの開発－

モーリン化学工業(株)、日本製紙(株)、
金沢大学　髙橋憲司、仁宮一章

社会実装の姿





ターゲットユーザー
- 樹脂関連企業
- バイオマス関連企業

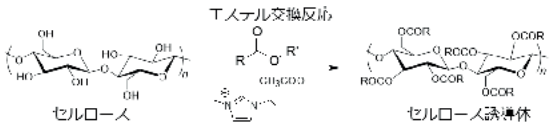
ユーザーベネフィット
- 石油樹脂からの脱却
- 持続可能性

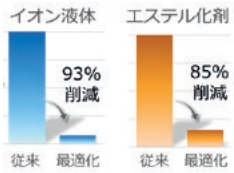
差別化のポイント
- バイオマス由来の環境持続性を有する素材

フェーズⅡの成果

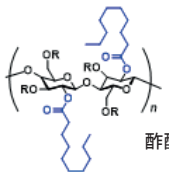
大学での成果

反応条件の最適化による試薬量削減



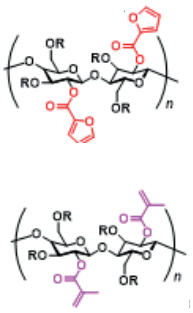


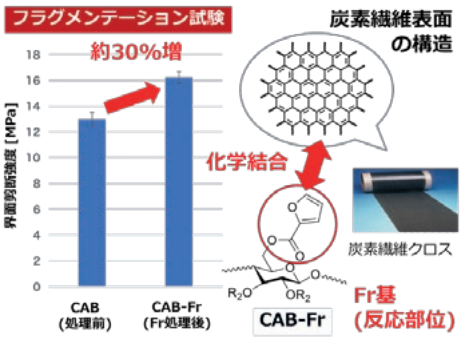
CFクロスへの含浸性向上

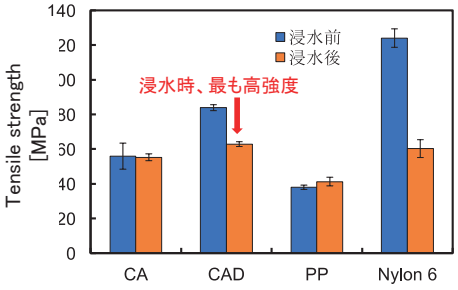


酢酸デカン酸セルロース
(CAD)

CF表面との親和性、結合性向上







進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
(開発ステージ)	○	○	

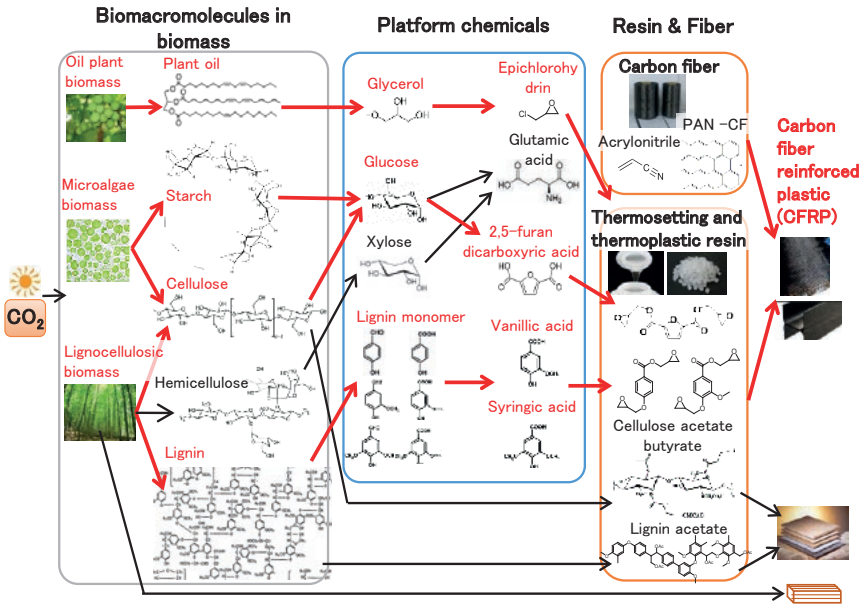
フェーズⅢ以降の取組

2-d セルロース樹脂CFRPペレットの開発に注力

1-②-a バイオマス由来低分子化合物をモノマーとした複合材料の開発

日産化学工業(株)、明和工業(株)
金沢大学　仁宮一章

社会実装の姿



ターゲットユーザー

- 化成品関連企業
- バイオマス関連企業
- 樹脂関連企業

ユーザーベネフィット

- 石油樹脂からの脱却
- 持続可能性

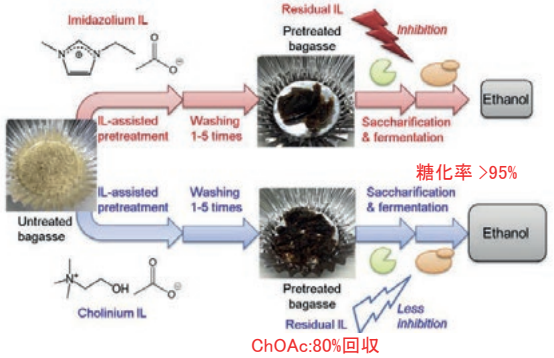
差別化のポイント

- バイオマス由来の環境持続性を有する素材

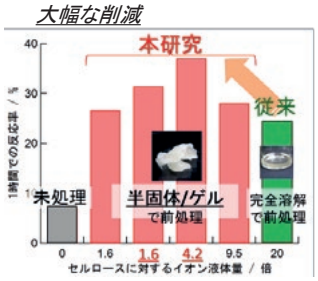
フェーズⅠの成果

大学での成果

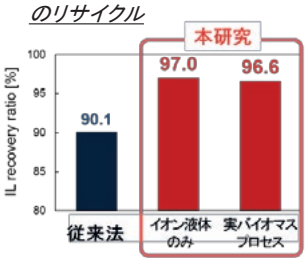
コリン酢酸による低毒性前処理プロセス



前処理におけるイオン液体の大幅な削減

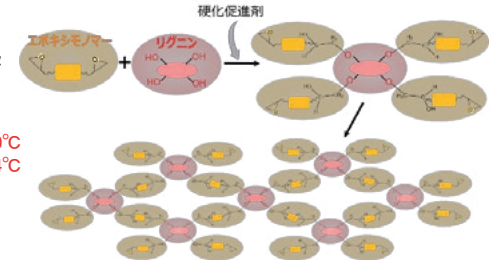


電気透析によるイオン液体のリサイクル



糖化残渣リグニンをモノマーとした熱硬化性樹脂

熱硬化性:83%
熱硬化温度:140℃
熱分解温度:264℃



進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

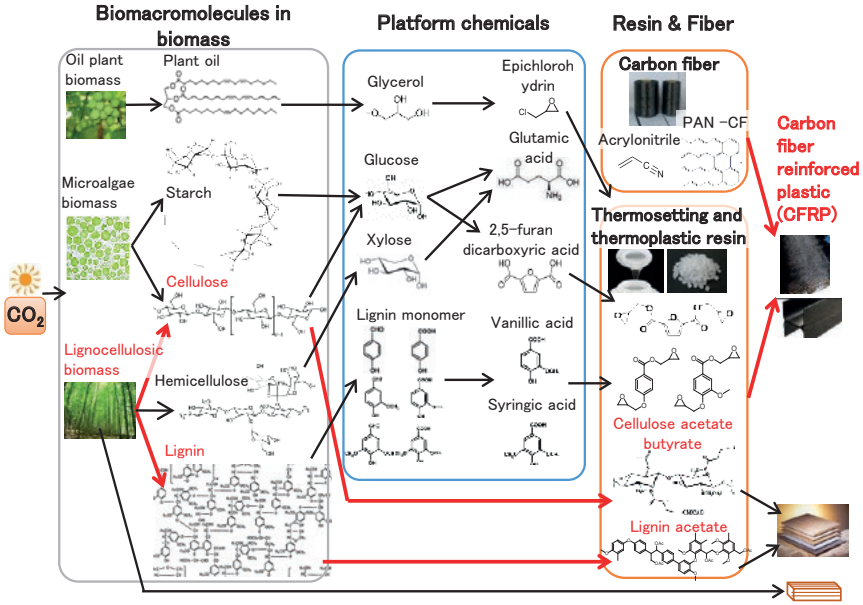
フェーズⅡ以降の取組

2-a-4 樹脂に関する技術開発に注力

1-②-b バイオマス由来高分子をベースとした複合材料の開発

社会実装の姿

日産化学工業(株)、金沢大学　仁宮一章



ターゲットユーザー

・樹脂関連企業

ユーザーベネフィット

・石油樹脂からの脱却
・持続可能性

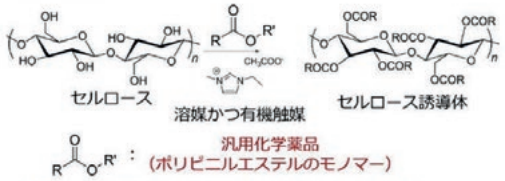
差別化のポイント

・環境性能に優れた高強度素材

フェーズⅠの成果

大学での成果

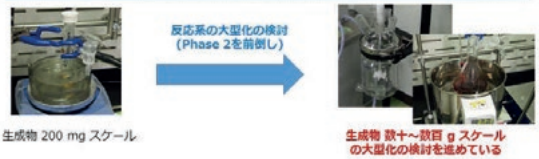
セルロースの均一溶液中エステル化技術の開発



汎用化学薬品
(ポリビニルエステルのモノマー)

アセチル化のみならず様々な置換基の導入が可能であることを確認している。

特許申請済（"多糖類誘導体の製造方法."
特願2014-218237）



酢酸酪酸セルロースを母材樹脂とするCFRP



ナイロンベース品と同等の力学強度

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

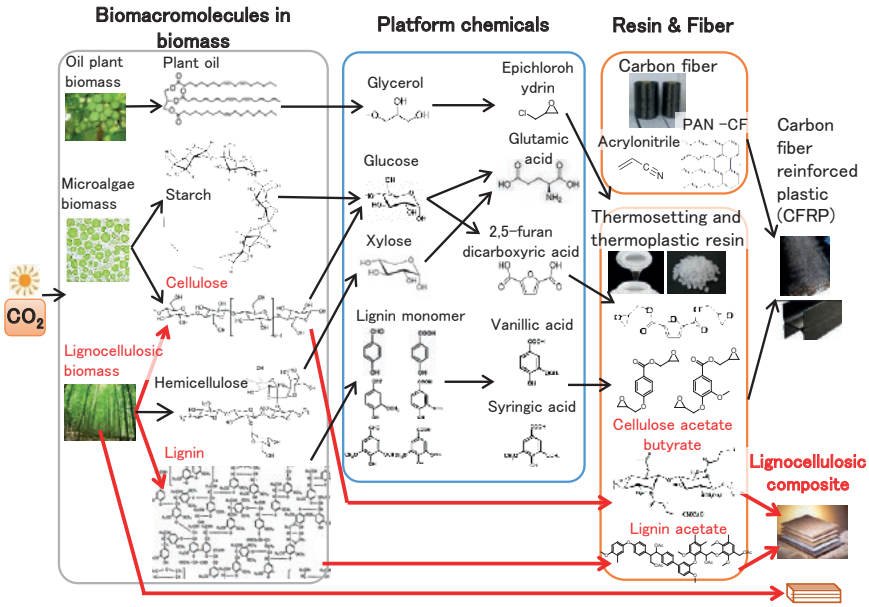
フェーズⅡ以降の取組

2-a-4 樹脂に関する技術開発に注力

1-②-c 高機能化木質系素材を用いた構造材の開発

大和ハウス工業(株)、日産化学工業(株)
金沢大学　仁宮一章

社会実装の姿



ターゲットユーザー

- 樹脂関連企業
- 住建関連企業

ユーザーベネフィット

- 石油樹脂からの脱却
- 持続可能性

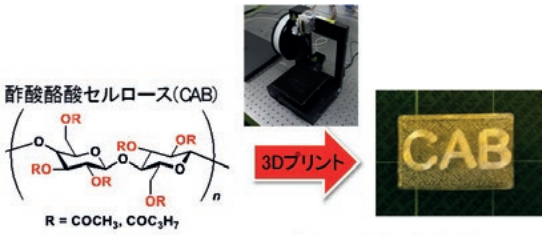
差別化のポイント

- 環境性能に優れた建築用素材

フェーズⅠの成果

大学での成果

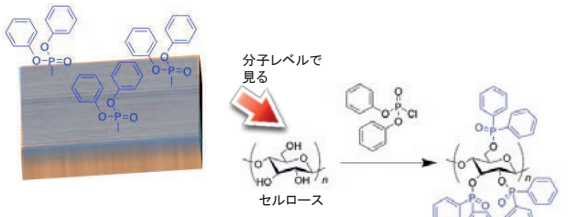
セルロースエステル樹脂の3Dプリンティング



バイオ由来熱可塑性樹脂の3Dプリント方法を確立



木材の難燃化



共有結合で導入することで
雨に濡れても難燃性能が落ちない



進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
(開発ステージ)	○	○	

フェーズⅡ以降の取組

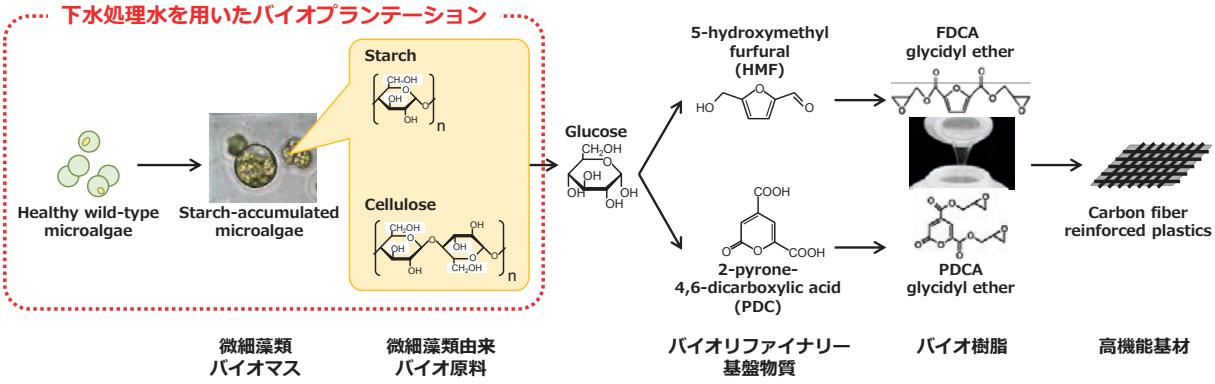
2-a-4 樹脂に関する技術開発に注力

1-②-d バイオプランテーション技術の開発

社会実装の姿

金沢大学　本多了、野口愛

微細藻類を利用したカーボンニュートラルな
バイオリファイナリー基盤物質の生産



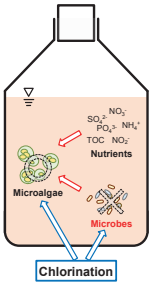
フェーズⅠの成果

大学での成果

メンブレフォトバイオリアクターを用いた微細藻類の濃縮培養プロセスの開発

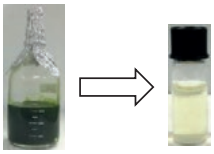
- デンプン蓄積・回収に適した藻類株の選抜
- 下水処理水を用いた微細藻類生産技術の開発
- 下水由来の微生物汚染を抑制したデンプン生産法の最適化

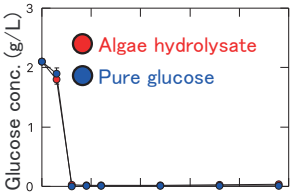


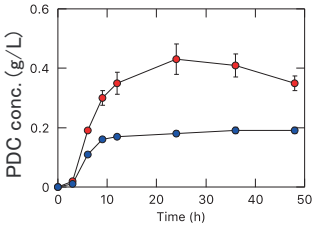


バイオリファイナリー基盤物質への変換

- 藻類培養液の5-ヒドロキシメチルフルフラールへの変換
- 藻類培養液の2-ピロン-4 6-ジカルボン酸への変換







進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

フェーズⅡ以降の取組

COIでの研究は終了した

2-a-2 革新バイオ材料
2-a-4 樹脂に関する技術開発

－炭素繊維強化型バイオスーパーエンジニアリングプラスチックの開発－

社会実装の姿

北陸先端科学技術大学院大学　金子達雄





ターゲットユーザー

・透明樹脂メーカー
・建築業界

ユーザーベネフィット

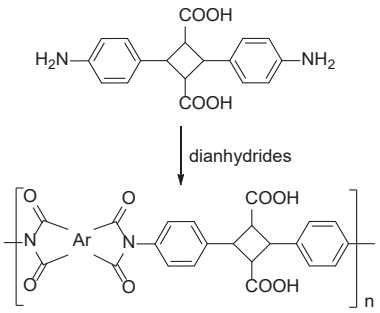
・軽量化による建設負荷軽減
・燃えにくく割れにくい
・軽量によるSDGs貢献

差別化のポイント

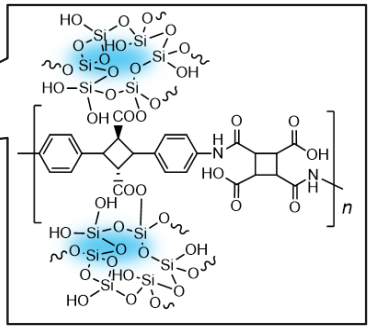
・無機ガラスよりも格段に軽い
・バイオ由来で安心

フェーズⅡの成果

大学での成果







4−アミノフェニルアラニン誘導体である4−アミノ桂皮酸由来のバイオポリイミドを合成し、高耐熱（420℃の熱分解温度）かつ透明（透過率80%以上）な透明樹脂を得た。200℃以上で焦げ目がつき始める難燃化木材に対し、軟化温度が非検出かつ熱分解温度が400℃を超え、本来自己消化性を持つバイオポリイミドは遥かに優位である。また、ナノシリカとの複合化により燃焼時のアンチドロップ性が付与された。

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○		

フェーズⅢ以降の取組

特になし

1-①-b 炭素繊維強化型バイオスーパーエンジニアリングプラスチックの開発

社会実装の姿

北陸先端科学技術大学院大学　金子達雄







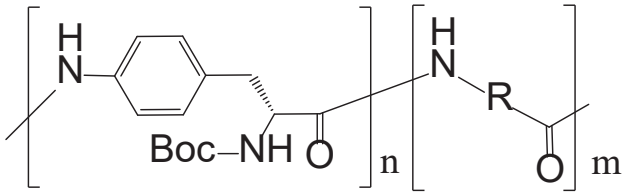
ターゲットユーザー
- 農協
- 電力会社

ユーザーベネフィット
- 燃費効率改善
- 発電効率改善

差別化のポイント
- 高耐熱で高信頼
- 植物由来で安心

フェーズⅠの成果

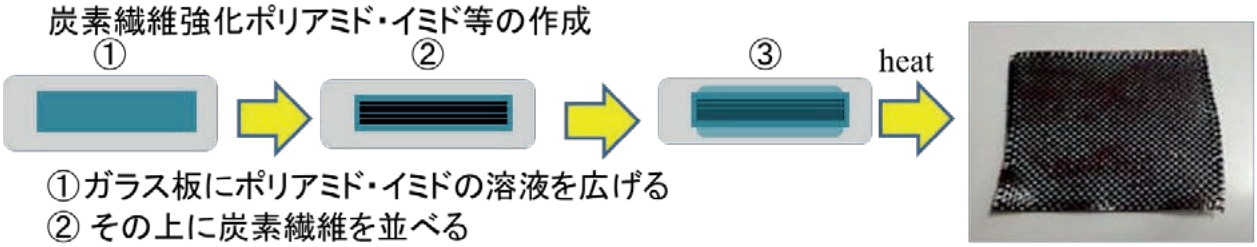
大学での成果



α型は良くない

ω型のポリアミド作製工程で他のコモノマー（酸または酸無水物）を加えコポリマーを作製し高耐熱バイオベースプラスチックの成形加工性の向上を図る

炭素繊維強化ポリアミド・イミド等の作成



①ガラス板にポリアミド・イミドの溶液を広げる
② その上に炭素繊維を並べる
③ 最後にその上からもう一度ポリアミド・イミドの溶液を流し形を整える
4－アミノフェニルアラニン由来の高耐熱ﾊﾞｲｵﾎﾟﾘｱﾐﾄﾞ・ｲﾐﾄﾞをマトリクスとするCFRPを作製

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○		

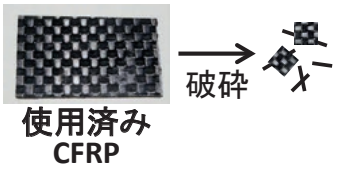
フェーズⅡ以降の取組

マトリックスポリマーの高性能化に注力

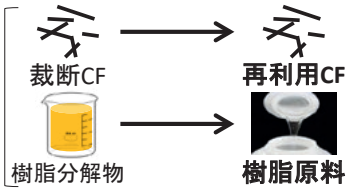
2-a-3 リサイクル（樹脂分散技術）
2-a-4 リサイクルに関する技術

社会実装の姿

金沢工業大学　佐野元昭



バイオロジカルリサイクル
- 樹脂の**酵素分解**
- 分解できる樹脂は限定的
- **常温・常圧**



ターゲットユーザー

・CFRPの使用者

ユーザーベネフィット

・使用済みCFRPをリサイクルでき環境に負荷をかけない

差別化のポイント

・使用済みCFRPより、炭素繊維と樹脂の両者をリユースすることが可能となる

フェーズⅡの成果

大学での成果

・既存のナイロン分解酵素の分解速度向上のため、ナイロンとナイロン分解酵素との結合力を高める両親媒性タンパク質RolCの大量生産株の構築に成功。

・両親媒性タンパク質RolAを高発現した遺伝子組み換え株を利用してナイロン樹脂の分解試験を実施。

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

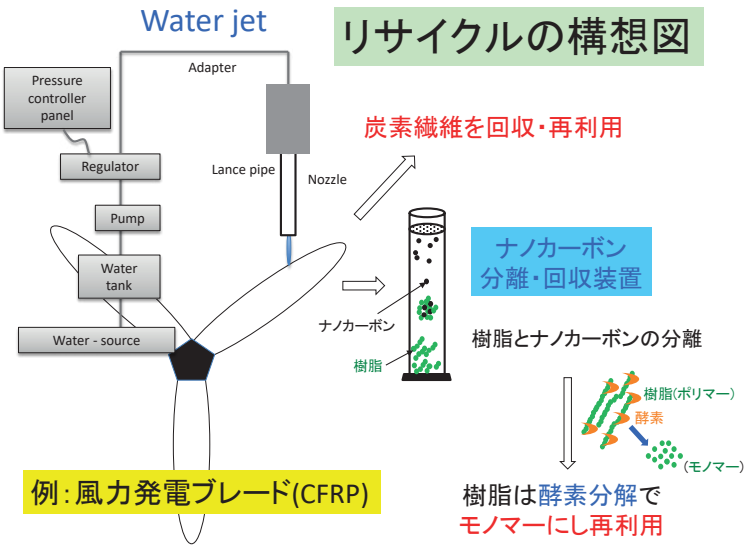
フェーズⅢ以降の取組

COIでの研究開発は終了し、基盤研究は別に進めていく。

4 リサイクル技術

金沢工業大学　佐野元昭、杉本康弘
岡山大学　松浦宏治
一村産業(株)

社会実装の姿



ターゲットユーザー

・風力発電の設置事業者

ユーザーベネフィット

・不要になった風力発電設備の廃棄処理の簡便化

差別化のポイント

・埋め立てや焼却が困難なCFRPを使用した大型構造物から、炭素繊維及び樹脂のリサイクル技術の開発

フェーズⅠの成果

大学での成果

・CFRPより炭素繊維と樹脂を分離・回収する技術開発

1：CFRPより炭素繊維と樹脂を分離させる為、ウォータージェットを用いた効果的な斫り条件を検討

2：CFRPより分離した炭素繊維と樹脂を分離・回収装置の作製

マイクロバブルを用いて分離・回収では、炭素繊維をマイクロバブルに吸着させ分離することに成功（特許を出願：2015-195395）

・CFRPに使用される樹脂の分解促進を行う技術開発

ナイロン樹脂の分解速度の上昇の為の条件検討

進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

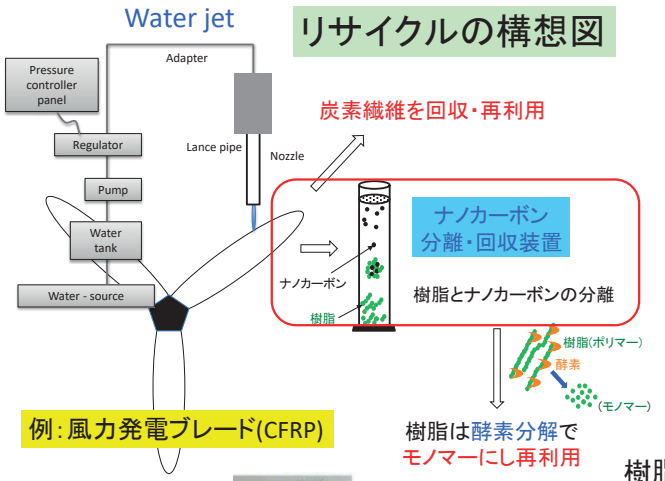
フェーズⅡ以降の取組

CFRPの分離・回収技術開発は、フェーズIで終了し、今までに得られた研究成果の技術移転を図る。また、樹脂分解技術開発は継続して開発を進める。

4 リサイクル技術

－熱可塑性樹脂複合材料のリサイクル技術開発－

社会実装の姿　　岡山大学　松浦宏治



ターゲットユーザー

・リサイクルメーカー
・水質浄化メーカー

ユーザーベネフィット

・化学物質を用いないで疎水性の炭素繊維やナノカーボンを回収できる。
・安価で環境負荷が小さい。

差別化のポイント

・MBの発生に必要な装置は電極だけそのため、必要電力量が小さい。

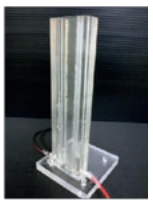
（ウオータージェットで斫った後の）水中から炭素繊維をマイクロバブル(MB)を用いて分離回収できるか検証

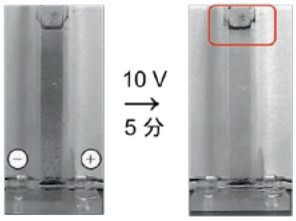
フェーズⅠの成果

大学での成果

電気分解法を用いたMB発生装置による分離回収に関する検証

1）テーブルトップ型容器





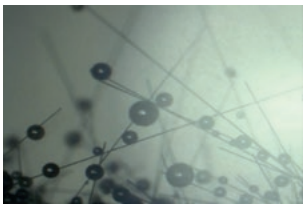
MWCNTsの水面への浮上を確認

Multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) のTEM像



直径　約50 nm

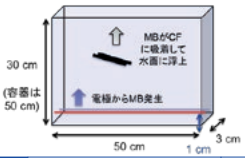
MBsのMWCNTsや炭素繊維への吸着

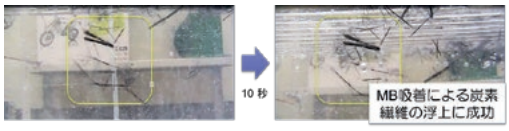


MB吸着が浮上には重要

2）100 Lスケール容器







進捗状況	原理・検証	技術開発	実証・事業化前
（開発ステージ）	○	○	

フェーズⅡ以降の取組

本課題はフェーズⅠで終了　　特許：第6732217号（岡山大学）

発行年月：令和 4（2022）年 3 月
編集・発行：学校法人金沢工業大学 COI 研究推進機構
〒924-0838 石川県白山市八束穂 2-2 金沢工業大学 革新複合材料研究開発センター
TEL.076-276-3100（ICC 代表） FAX.076-276-3101
E-mail:icc-info@mlist.kanazawa-it.ac.jp
https://www.icc-kit.jp/coi/

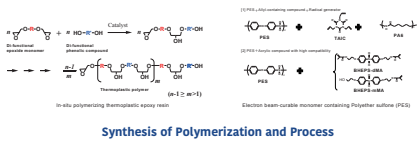
今の夢。10年後の常識。
新しい未来を作りたい。

COI STREAM

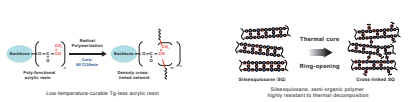
文部科学省　国立研究開発法人 科学技術振興機構　KIT 金沢工業大学

KIT-COI Construction of next-generation

INNOVATIVE WORKS IN RESIN



Synthesis of Polymerization and Process



Easy to mold and ultra-high heat-resistant

HIGH-CYCLE / HIGH-SPEED MOLDING



Real and full-scale machines



Ultrafast Rod Pultrusion



株式会社神戸製鋼所

Innovative Continuous Manufacturing Process for TP

Organo Sheet Production



Longitudinal Member

