

SAMPE Japan
先端材料技術展2018

先端材料技術講座
(次世代に向けた)
近年の建築土木分野への先端材料の適用とその技術動向



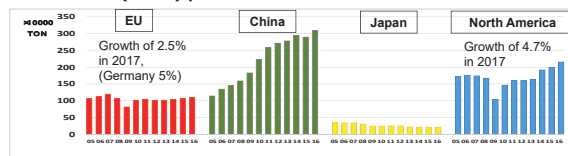
2018年10月18日
金沢工業大学
ICC所長 鶴澤 潔

Background: Market of Composites

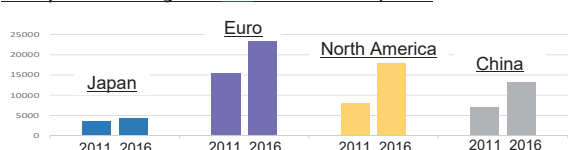
ICC
Industrial Composite Center

FRPは世界的には成長産業であるが、

・Trend of FRP(GFRP) production



・Comparison of Regional CF demand 2011/2016

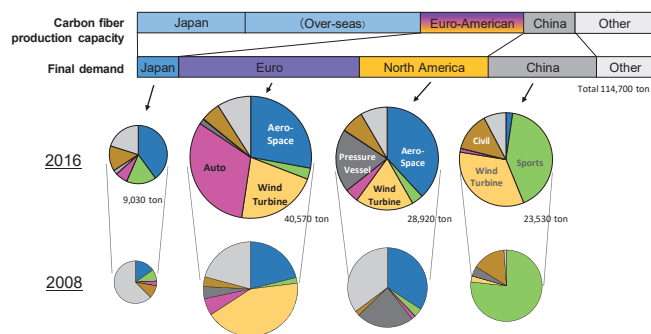


*From JEC reportより作成

Background: Market of Composites

ICC
Industrial Composite Center

・Applicational and regional demand of carbon fiber



*From JEC reportより作成

航空機分野へのFRPの利用

ICC
Industrial Composite Center

単純形状 → 複雑形状へ さらに高生産性の実現へ

・B787



・自動積層(繊維貼り付け)装置



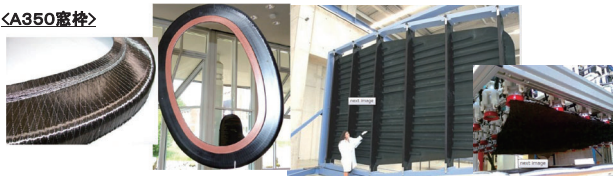
航空機分野へのFRPの利用

ICC
Industrial Composite Center

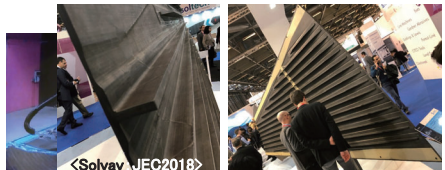
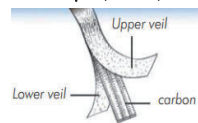
プリプレグ/オートクレーブ → ドライファイバー/RTM

コスト低減のみならず、プリプレグ以上の成形性/物性に期待

＜A350窓枠＞



＜HI-Tape＞(HECEL)

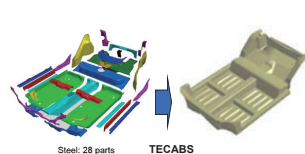
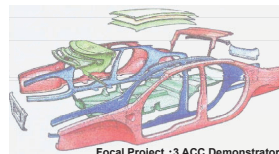


＜Solvay JEC2018＞

FRPによる自動車構造の大型・一体・少数部品化の取り組み

ICC
Industrial Composite Center

成形サイクル/材料コストをトータルコストでカバー



・BMW - i3 (RTM)



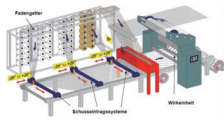
自動車部材用ハイサイクル成形(HP-RTM)

ICC
Innovative Composite Center

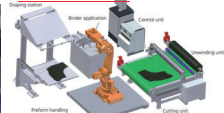
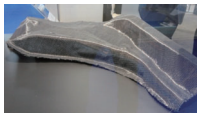
□ 複数技術の統合によるハイサイクル成形 → 成形時間3分以内へ

- Textile Technology
- 樹脂 (Snap Cure)
- HP-RTM (Pump, 型, プレス機)

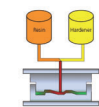
自動化技術



Preform Center



HP-RTM



最近の自動車へのFRPの適用動向

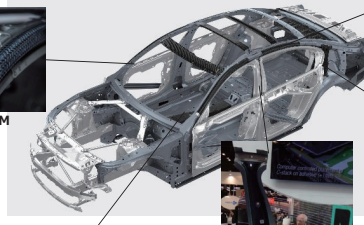
ICC
Innovative Composite Center

□ マルチマテリアル化/選択的利用 ⇄ 生産数さらに大

自動車へのCRFP適用事例: BMW 7シリーズ



Roof rail CF/RTM



Roof rail CF/RTM



C-Pillar reinforce CF/SMC



Center tunnel reinforce CF/RTM (Wet-moulding)



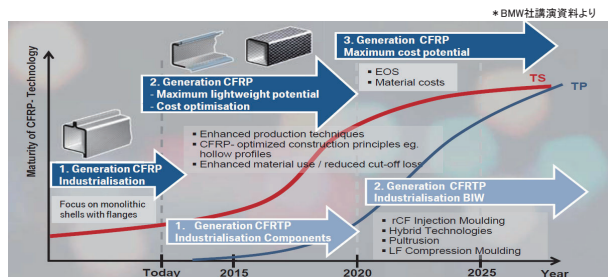
B-Pillar reinforce CF/Prepreg : Epoxy Prepreg short cure resin

汎用自動車への展開へ

ICC
Innovative Composite Center

□ 適用拡大へむけて 材料コスト → 部材としての実現性が課題

- トータルデザイン/最適化/マルチマテリアル対応
- 自動化/ハイサイクル、歩留り向上も
- OEM体制の確立
- 熱可塑性材料の実用化



熱可塑性複合材料の材料と成形方法

ICC
Innovative Composite Center

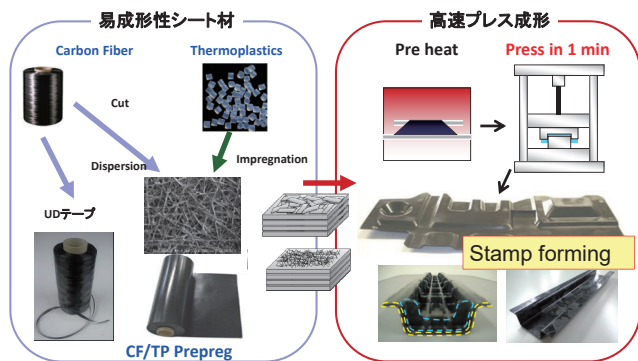
材料形態と製造方法	成形前の繊維長さ	成形方法	成形品中の繊維長さ	成形サイクル
コンパウンド樹脂に繊維を混練 ペレット	0.5 mm 程度	射出成形	0.2 mm 程度	数十秒程度
引拔成形 連続繊維に樹脂を含浸 LFP	5~10 mm 程度		2 mm 程度	
LFT(D) 低せん断選線機によりLFTを加工	5~25mm 程度	プレス成形 加工されたLFT材を、金型/プレスで加工	材料と同じ	数分 ~ 10分程度 (LFT選線時間)
スタンプバブルシート (オレガノシート) 連続繊維に樹脂を含浸	25mm ~ 連続繊維	プレス成形 シートをIRヒーターで溶融し、金型/プレスで加工	材料と同じ	数十秒 ~ 数分程度

*一部NCC山根氏資料

(参考) CF/TPIによる中間基材とプレス成形

ICC
Innovative Composite Center

□ 熱化塑性シート (Organo sheet) により、板金加工並みの量産性



* NEDO資料から一部変更

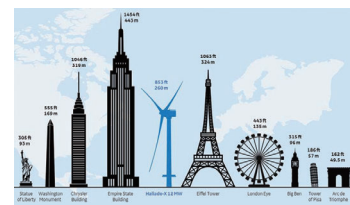
風車ブレード分野の動向

ICC
Innovative Composite Center

□ さらなる大型化へ → 洋上、低風速域への対応

ブレード全長100超へ

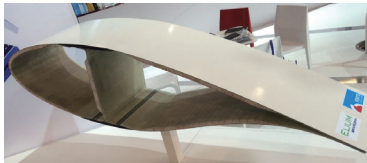
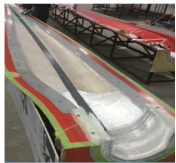
・LM HLAIDE-X (12MW, 107m)



風車ブレード分野の動向

ICC
Innovative Composite Center

□大型化 → CFによる剛性向上、省人化／装置化



エネルギー分野への適用動向

ICC
Innovative Composite Center

□上下水道、Oil分野 ⇒ 今日のインフラ設備の主役

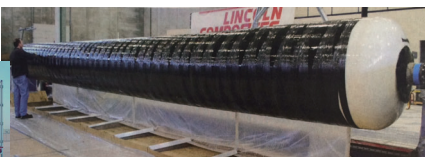


エネルギー分野への適用動向

ICC
Innovative Composite Center

□軽量CFRP容器はデリバリーシステムとの最適化へ

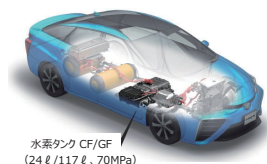
・Mobile Pipeline (CNG)



CFRPタンクは鉄製タンクの2倍の輸送能力

・車載用タンク

主市場は北米、中・大型バス、トラック



水素タンク CF/GF
(24 l / 117 l, 70MPa)

土木・建築分野への適用動向

ICC
Innovative Composite Center

□ FRPの特長を生かした利用へ(近年)

高い意匠性と現場施工の低減

<San Francisco MOMA, 2016 >



US最大のFRP建築用途適用例
約700パネル、軽量化により500トン分の鉄骨を削減

<オーストラリア :2015 >



参考: 建築・土木分野適用例

ICC
Innovative Composite Center

ユニークな一体成形ハウス
(Monsanto House, Deneyland ; 1957年)



GFRPサンドイッチパネル製外壁材
(Greater London Council ; 1969年)



出展: Meier, U EMPA

参考: 建築・土木分野適用例

ICC
Innovative Composite Center

GFRP製の一体構造ルーフ
(設計者Heinz Isler, スイス; 1960)



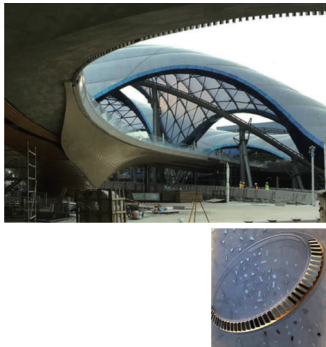
出展: Meier, U EMPA

建築・土木分野適用例

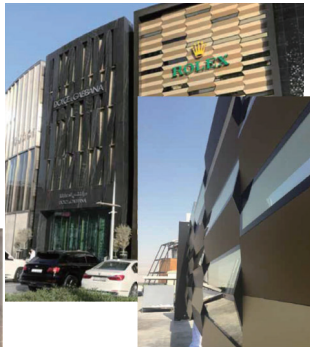
ICC
Innovative Composite Center

□ 高い意匠性と現場施工の低減を可能にするFRP外壁材

(Shanghai Dsneyland :2016)



(Rolex Dubai Mall :AFFAN)



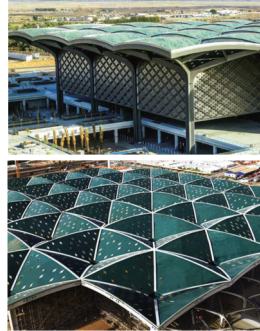
土木・建築分野への適用動向

ICC
Innovative Composite Center

□FRPの特長を生かした利用へ(近年)

・意匠性の高い建造物の実現へ

<MEDINAH STATION ROOF:2012>



<Mecca:2011>



建築・土木分野適用例

ICC
Innovative Composite Center



土木・建築分野への適用動向

ICC
Innovative Composite Center

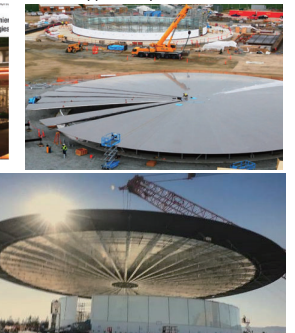
□FRPの特長を生かした利用へ(近年)

・意匠性の高い建造物の実現へ

<StructuralAwards2014:Apple Zorlu, Istanbul>



<Apple Campus 2>



建築・土木分野適用例

ICC
Innovative Composite Center

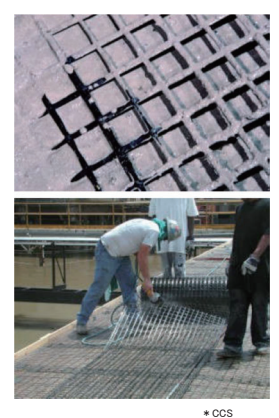
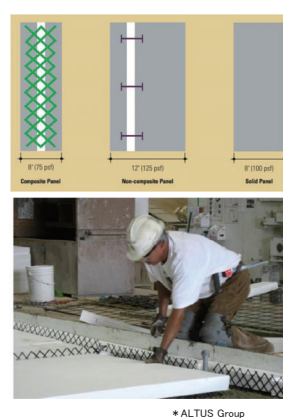
□ コンクリートとの複合構造例



建築・土木分野適用例

ICC
Innovative Composite Center

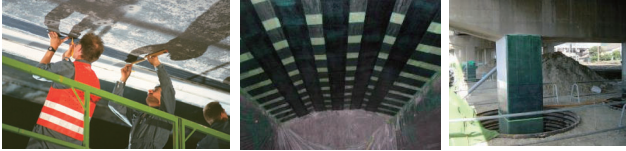
□ コンクリートとの複合構造例



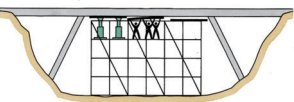
建築・土木分野適用例

ICC
Innovative Composite Center

□補修補強効果にすぐれたCFRPシート → CFRPプレート実装へ

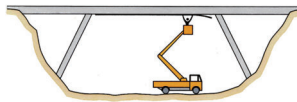


Steel Plate補強



- heavy
- many joints
- slow
- big labor force

CFRP補強



- light
- no corrosion
- very fast
- small labor force

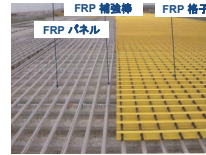
* Urs Meier, EMPA 資料から

建築・土木分野適用例

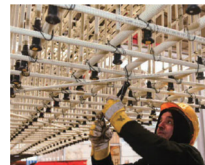
ICC
Innovative Composite Center

□コンクリート補強筋は今後の主要な適用物のひとつ

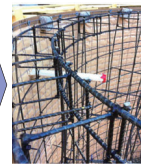
< プロジェクト100(FRP橋) USオハイオ州:2001 >



□GF⇒他の高性能材料へ



< バサル繊維 >



< CFRP製補強筋によるビーム材 >



土木・建築分野への適用動向

ICC
Innovative Composite Center

□CFRPを主構造材料として(CFの材料コストを解決できる分野)

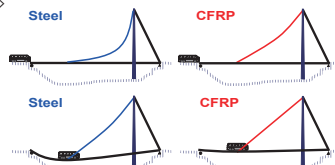
< Stork Road Bridge, Winterthur 1996 >



CFRP Cable

Urs Meier, EMPA 資料から

< Bridge over the "Kleine Emme" 1998 >



2 CFRP cables each of 91 wires of 5 mm diameter

* Urs Meier, EMPA 資料から

参考: CFRPリギン

ICC
Innovative Composite Center

Summer Olympics Munich: 1972

< 18MN Munich steel fork >



< CFRPリギン(スエジング・接着 無し) >



参考: 建築・土木分野適用例

ICC
Innovative Composite Center

炭素繊維ロッドCABKOMAIによる耐震補強とデザインの融合例

< 小松マテーレ社屋: 2014 >



< 木造家屋改築例 >



* 小松マテーレ社資料より

土木・建築分野への適用動向

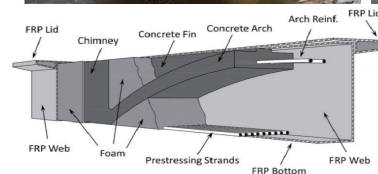
ICC
Innovative Composite Center

□ 成形コスト低減/設計・適用技術の向上

< HCB > (Hybrid Composite Beam Technology)



< Composite Arch Bridges >



* HILLMAN COMPOSITE BEAMS

建築・土木分野適用例

ICC

Innovative Composite Center

□ 成形コスト低減/設計・適用技術の向上



Pont y Ddraig, Wales



* Grit社資料より



建築・土木分野適用例

ICC

Innovative Composite Center

□ 大型 FRP製サンドイッチパネルの適用例

<Wilhelmina Canal, オランダ; 2017>



* InfaraCore社資料より

<A27 Lunetten, オランダ; 2012>

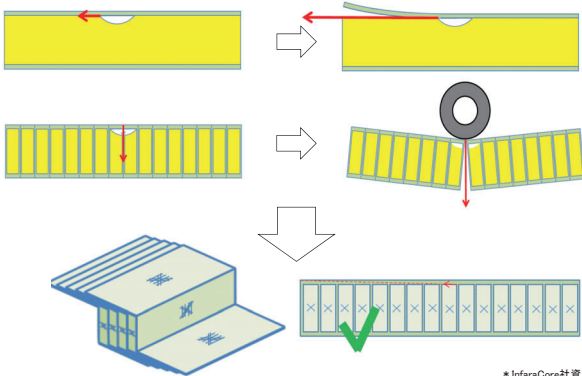


建築・土木分野適用例

ICC

Innovative Composite Center

<大耐荷重サンドイッチパネル(InfaraCore)>



* InfaraCore社資料より

複合材料適用動向と成形技術開発

ICC

Innovative Composite Center

各分野の成形技術動向

航空:

- 単純形状 → ・主構造部材への適用
・一体成形/複雑形状部品
- 高生産性へ → ・自動化の推進/高機能ロボット
・高速化
- プリプレグ → ・スリットテープ/トウプリプレグ
・ドライファバー

自動車:

- 大型/主部材への適用を推進
→ ・トータルデザイン/最適化
・自動化/ハイサイクル
・OEM体制の確立
・熱可塑性材料の実用化

インフラ・エネルギー分野:

- 今後期待される分野
→ ・適用/実証研究PRJ.が要
・大型/長尺物の低コスト&大量供給

適用拡大/実現に向けて

- ・自動化/装置化
(高速化、ハイサイクル化)
- ・コスト削減
(材料費低減→ポピンから成品)

近年取り組まれている成形技術

- ・RTM, VaRTM成形法
- ・熱可塑性材料の実用化

・引抜き成形/連続成形

土木・建築分野への適用動向

ICC

Innovative Composite Center

□ 成形技術: ワンオフに対応する型費低減/製作期間短縮

・CAD設計 → 大型NC加工 + 低コストToolingへ



<Shanghai Disneyland :2016 >
FRP : 2300m²



参考: 土木・建築分野の新しい担い手

ICC

Innovative Composite Center

□ 成形技術: 構造体までの施工能力(Boat Builder の進出)

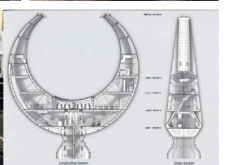
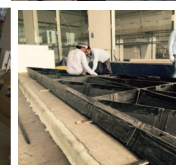
< AFFAN >



< PREMIER >



< MULTIPLAST >



□成形品質／製造コストの両立へ → 材料

・超ラージトウ (ORNL)



	DowAksa A42	CFTF Textile PAN
Tow size	24K	457K
Tensile Strength	610 ksi (4200 Mpa)	399 ksi (2750 Mpa)
Tensile Modulus	34.8 Mksi (240 Gpa)	37.1 (256 Gpa)
Strain	1.8%	1.08%
Density	1.78	1.77
Yield	1.6 g/m	14.35 g/m
Sizing	1.0 - 1.5%	1.35%



□連続成形技術 ⇒ 大型化、高生産性へ

＜大型引き抜き成形＞

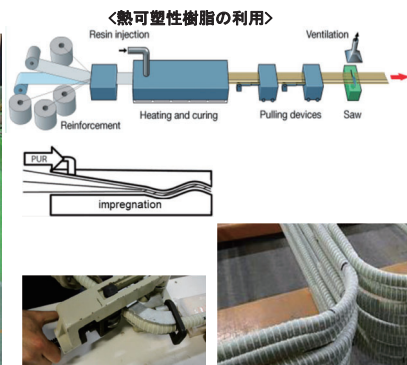


＜トンネル覆工＞



□連続成形技術 ⇒ 大型化、高生産性へ

＜大型引き抜き成形＞



・EN規格

Prospect for New Guidance in the Design of FRP



・アメリカ土木学会 (ASCE)

Guide for FRP Composite Connections
FRP複合材料に関するガイドライン

・アメリカコンクリート工学会 (ACI)

Specification for Construction with FRP Reinforcing Bars
FRP補強筋を用いた建設に関する指針Specification for Materials by Wet Layup
Wet Layupにより製造されたFRP材に関する指針Specification for FRP Bar Materials for Reinforcement
補強筋としてのFRP筋に関する指針

・ASTM

D7913-14:
FRP筋の引抜試験によるコンクリートとの付着試験D7914-14:
FRP筋の曲げ部の強度試験

Key FR Building Standards

- Resin choice dependent on FR standard
- NFPA 130: ASTM E 162 / E 662 (US - Railways)
- ASTM E 84 (US - Buildings)
- NFPA 286 (US - Buildings Interior)
- NFPA 285 (US - Buildings Exterior)
- ULC S134 Multi Story test (CAN - Building Exterior)
- EN 45545 (Europe - Railways)
- EN 13501 (Europe - Buildings)
- BS 476 (UK - Buildings)
- NFP 92501 (F - Buildings)
- UL 94 (Electrical)
- Process for making parts also will determine which resin to use.

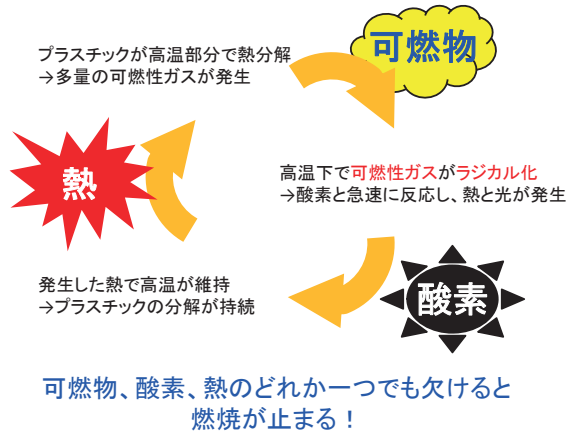
米国内装材耐延焼性能 (NFPA286) 試験の例

40 kW Heat Flux Flame



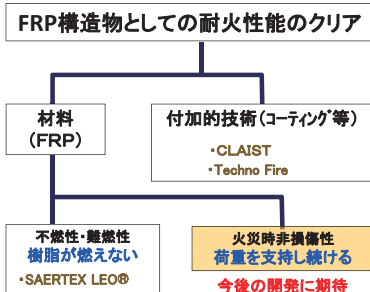
160 kW Heat Flux Flame





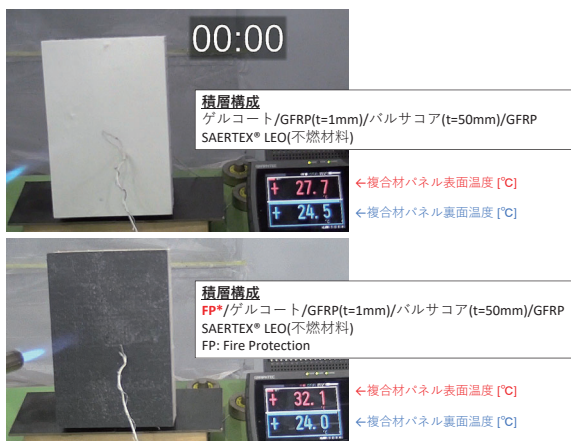
＊ICC西田氏資料より

□ FRPの耐火性能向上手法と商品例



＊ICC西田氏資料より

不燃材料を用いた複合材料パネル耐火性能デモンストレーション



FRPパネル構造による集合住宅の例



＊Gil mar Lima and Erivelto Mussio - Brazil

□大型パネルの利用

< AXIA/EXCEL >



- ・建築・土木分野へのFRPの適用は拡大中
住宅市場の拡大(アジアの都市化)
航空、自動車に比較して膨大な企業数(200万社)
- ・建築分野が先行、実装にむけて**数多くのプロジェクト**、産学連携の取り組み
⇒適用分野：装飾パネル/非構造部材 ⇒ 複合構造/構造用途
⇒材料技術：対火災規格への取組みは材料メーカー/**協会**/大学連携で進めてきた
- ・土木分野ではFRP/コンクリートのハイブリッド構造、テンション材料で適用が進む
⇒**協会・学会による各種ガイダンス、設計指針**

- ・具体的なゴールに向かう**プロジェクトでの取組みの必要性**
- ・アプリケーションの実現、生産性を向上させる**樹脂技術がKEY**
- ・GF or CF、各種成形方法 ⇒ 必要によりチョイス、組合わせへ

・日本型アプリケーション／成形方法の開拓／創成へ

