

国土交通技術行政の基本政策懇談会

テーマ:「メンテナンス、新素材、新工法」「宇宙利用、海外展開」「移動、オープンデータ(再)」

「近年の土木インフラ分野への複合材料適用動向」

2018年9月3日
@経済産業省別館

金沢工業大学
革新複合材料研究開発センター(ICC)
所長 鶴澤 潔



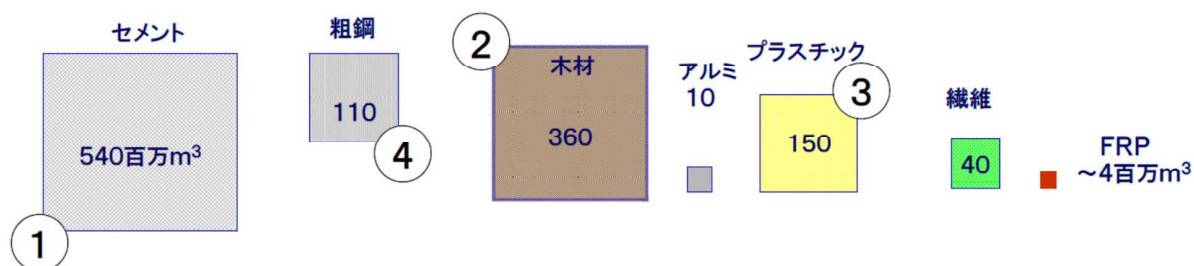
参考: Market of Composites (2004)

ICC
Innovative Composite Center

・重量比較(単位:百万トン)

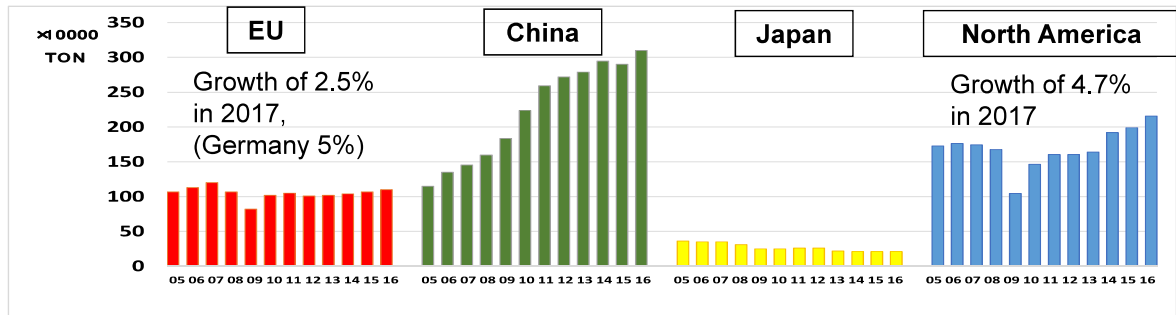


・体積比較(単位:百万m³)

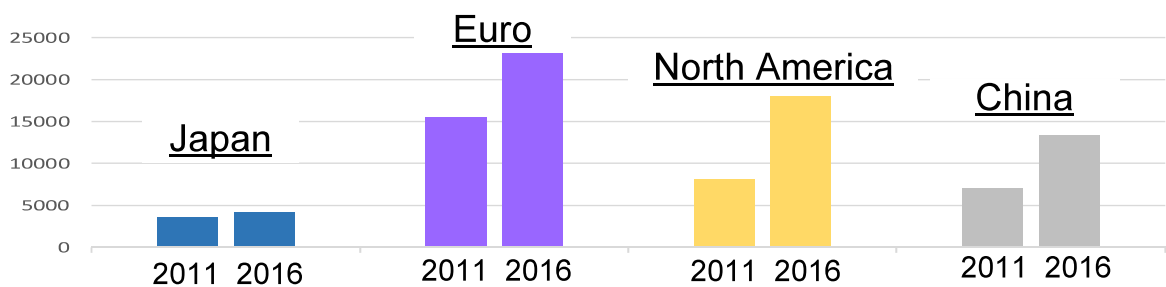


□ FRPは世界的には成長産業であるが、、、

Trend of FRP(GFRP) production(世界計約900万トン:2016)

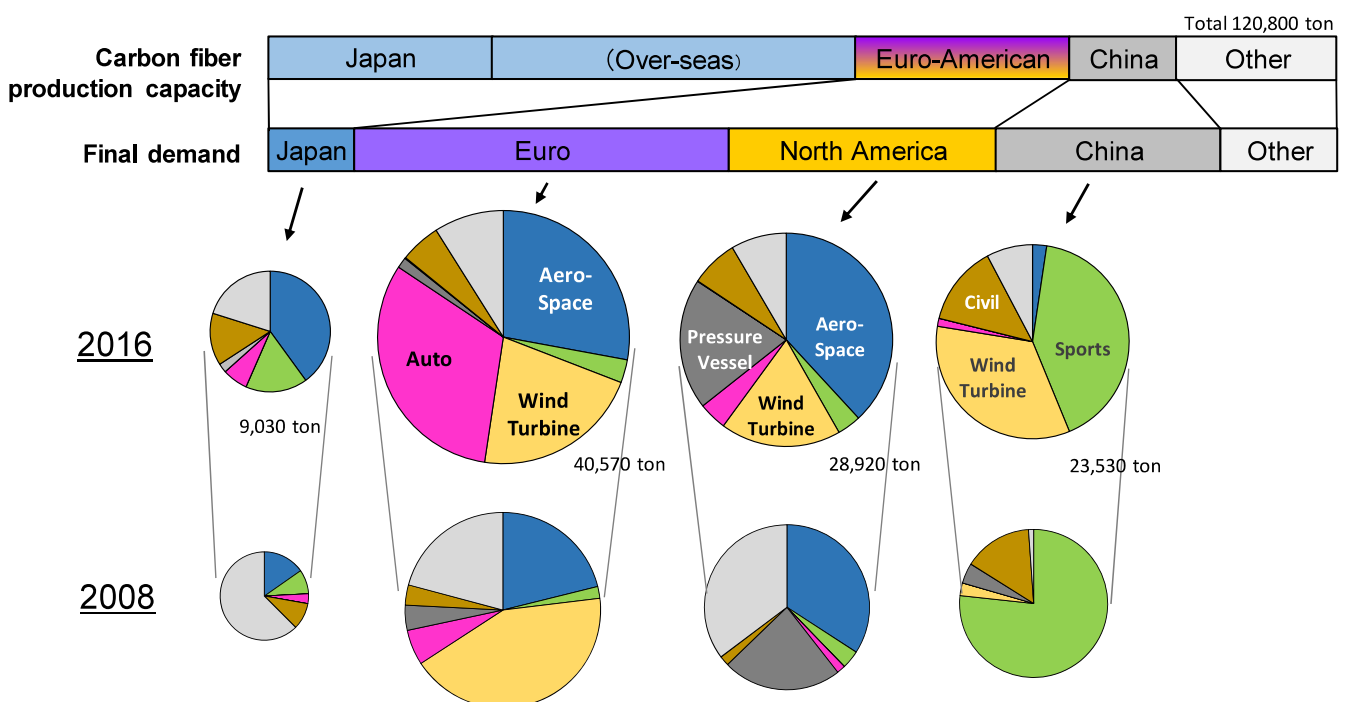


Comparison of Regional CF demand 2011/2016



*From JEC reportより作成

・Applicational and regional demand of carbon fiber



*From JEC reportより作

□単純形状 → 複雑形状へ さらに高生産性の実現へ

B787



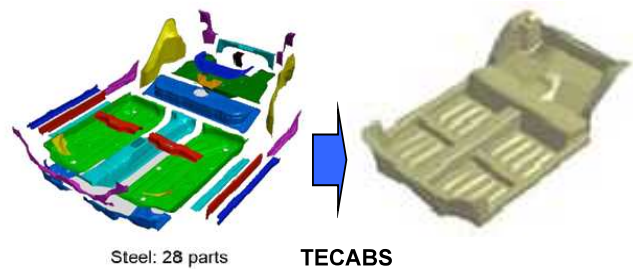
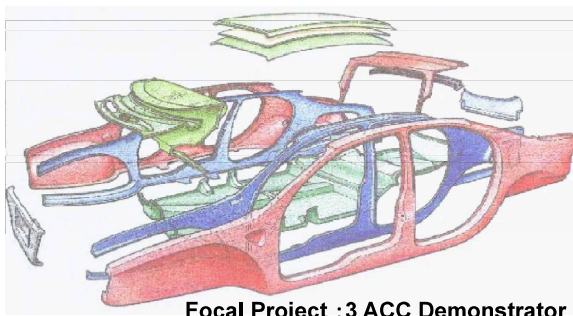
自動積層(繊維貼り付け)装置

*Boeing HPより



FRPによる自動車構造の大型・一体・少数部品化の取り組み

□成形サイクル/材料コストをトータルコストでカバー

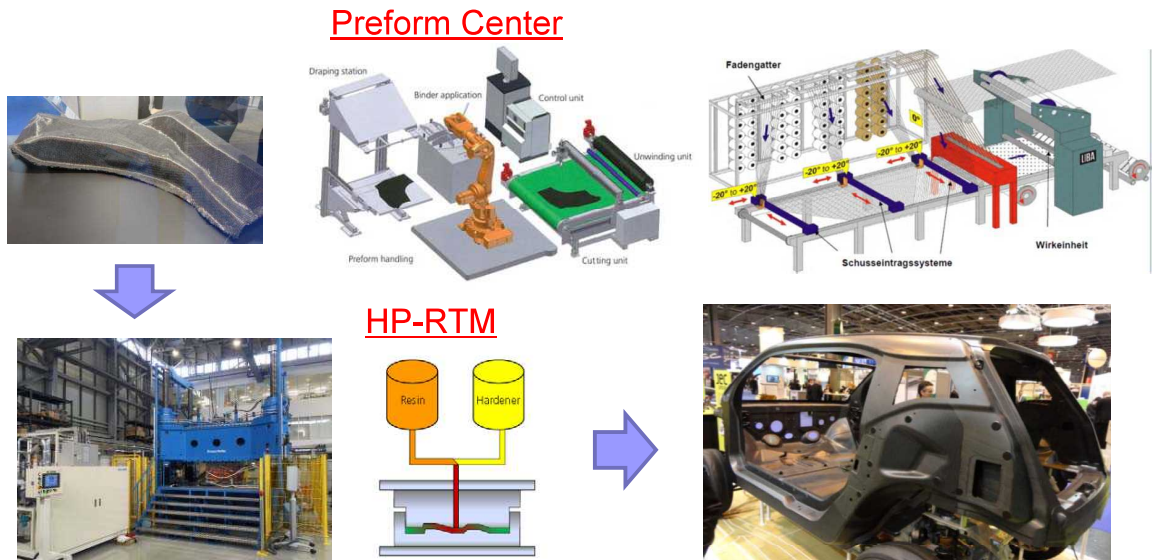


BMW - i3 (RTM)



□ 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

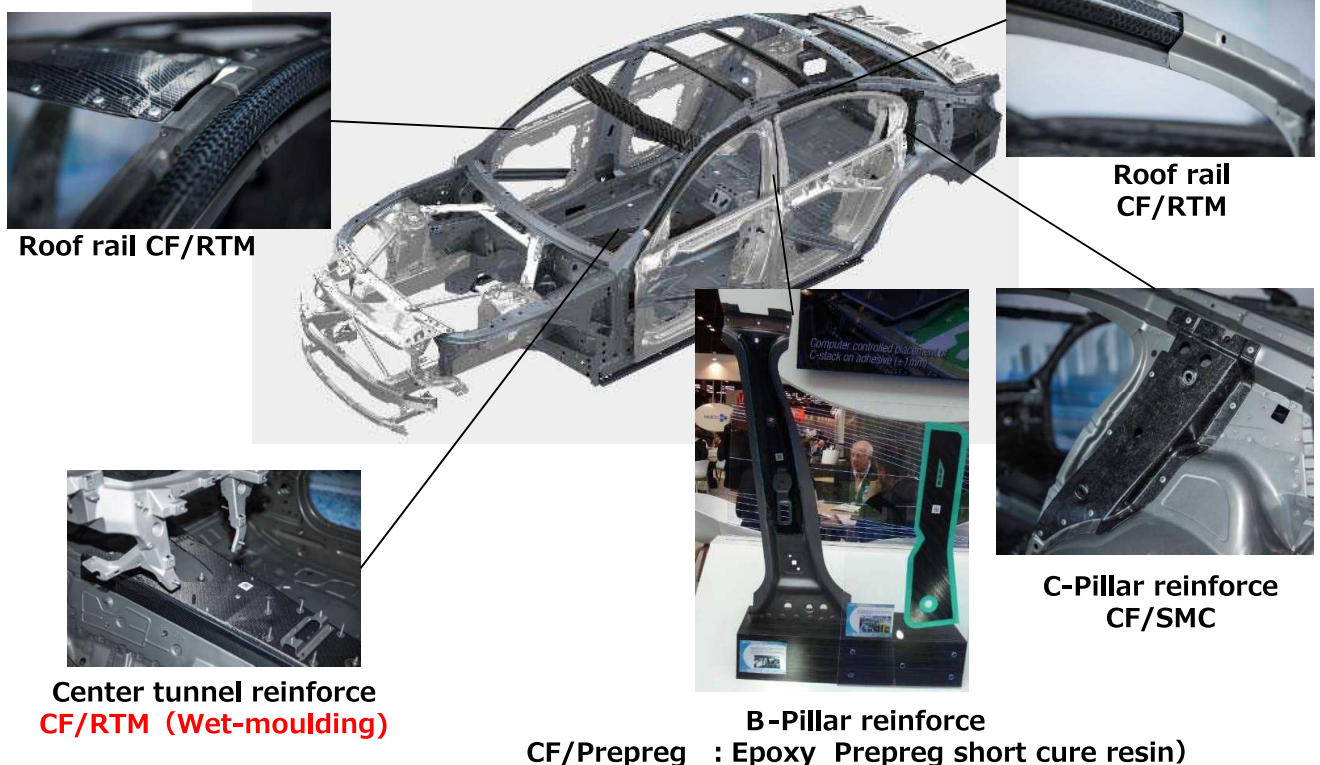
- ・Textile Technology
 - +
 - ・樹脂 (Snap Cure)
 - +
 - ・HP-RTM(Pump, 型, プレス機)
- } 自動化技術



最近の自動車へのFRPの適用動向

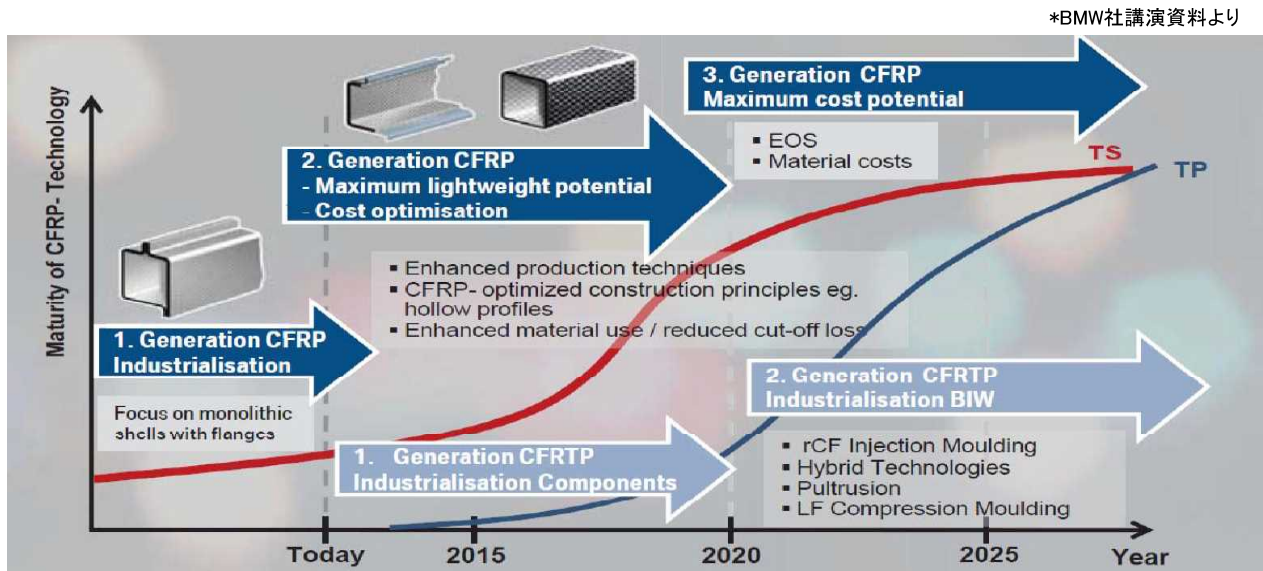
□ マルチマテリアル化/選択的利用 ⇔ 生産数さらに大

自動車へのCRFP適用事例: BMW7シリーズ



□ 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
- ・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

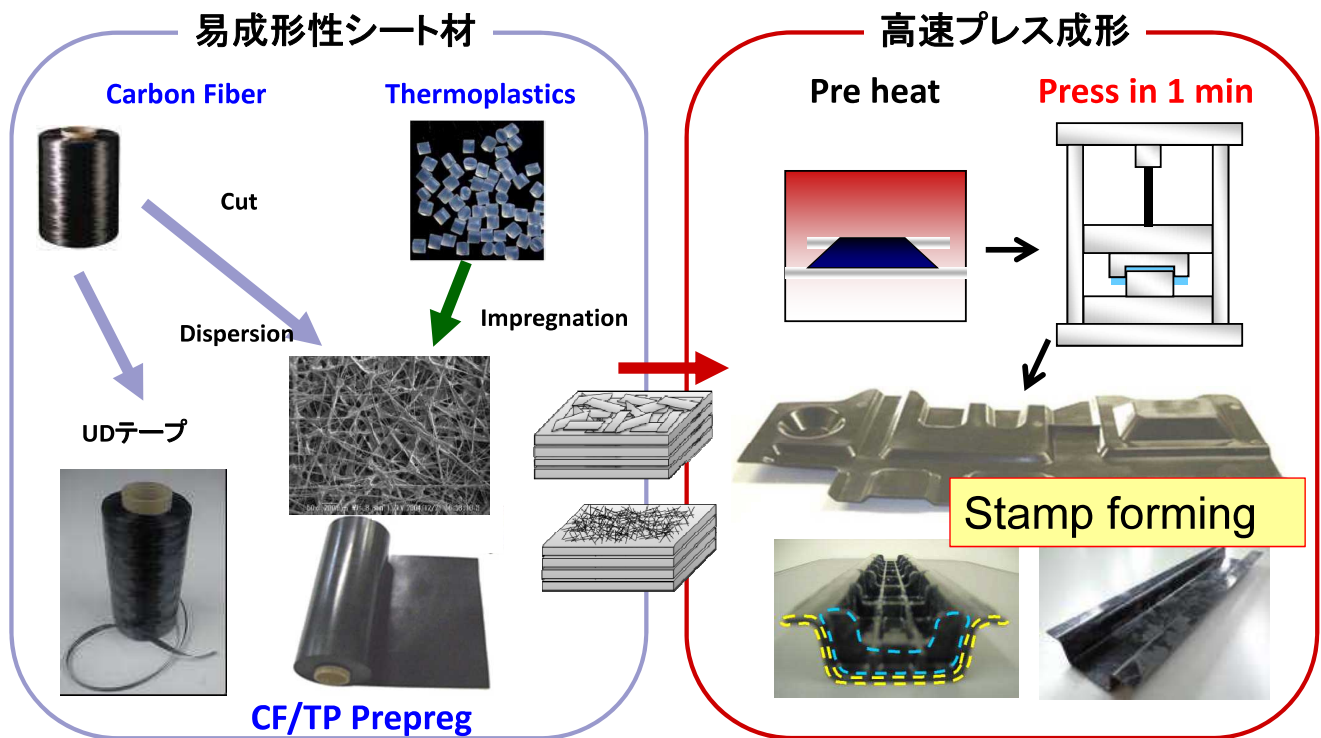


熱可塑性複合材料の材料と成形方法

□ 短繊維・小型部材 → 長繊維・大型部材へ、材料開発と共に成形技術開発も

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
引抜成形 連続繊維に樹脂を含浸 LFP	5~10 mm 程度		2 mm 程度	
LFT(D) 低せん断混練機により 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混練時間)
スタンパブルシート (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

□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

エネルギー分野への適用動向

□インフラ分野 ⇒ 上下水道・圧力容器は今日のインフラ設備の主役



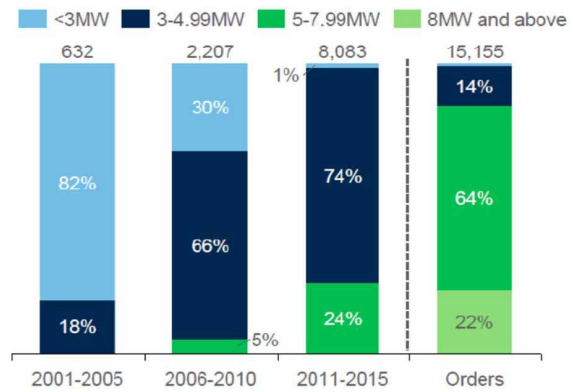
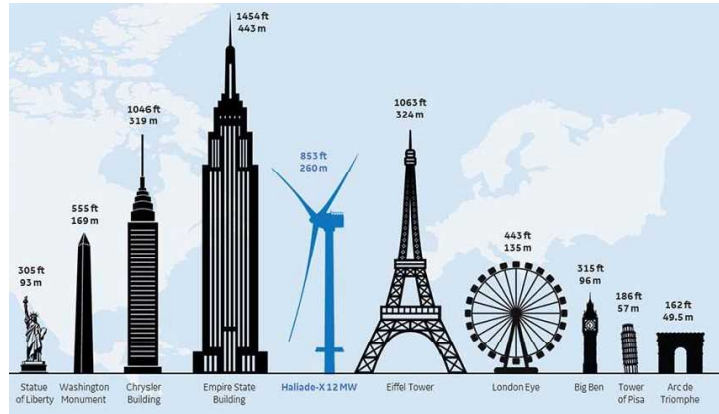
Mobile Pipeline (CNG)



風車ブレード → さらなる大型化へ(洋上、低風速域への対応)

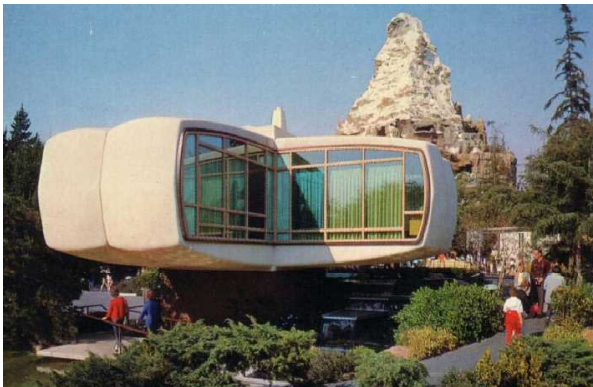
ブレード全長100超へ

LM HLIADÉ-X(12MW,107m)



FRPは早くから試験的に利用(1960~)

<Monsanto House, Dsneyland : 1957>



<Sandwich Panels : 1969>



Urs Meier, EMPA 資料から

□ FRPの特長を生かした利用へ(近年)

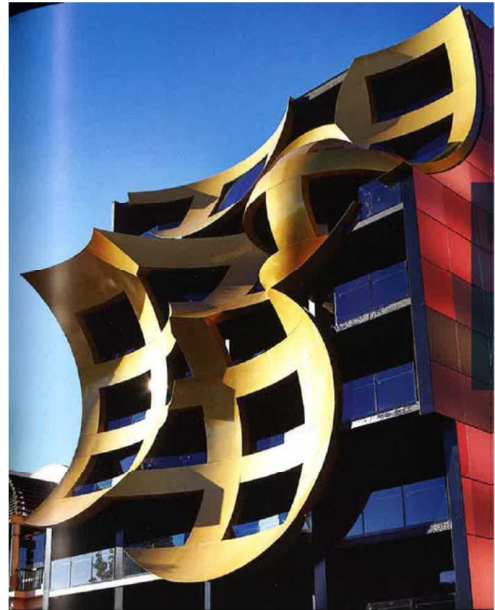
高い意匠性と現場施工の低減

〈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〉



□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 Dsneyland :2016〉



FRP : 2300m²

□FRPの特長を生かして構造部材としての利用へ

複合化/FRPの部分的利用

〈FRP強化セメントパネル, :2004〉



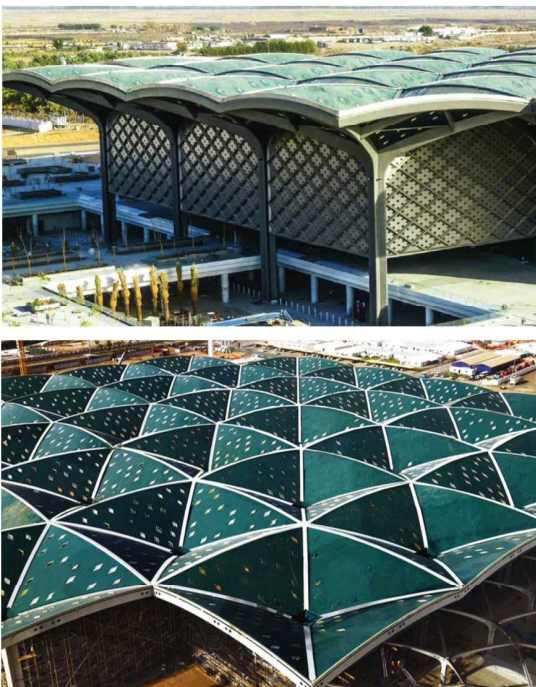
〈GF強化コンクリート
サンドイッチパネル, :2004〉



□FRPの特長を生かした利用へ(近年)

意匠性の高い構造物の実現へ

〈MEDINAH STATION ROOF:2012〉



〈Mecca:2011〉



PREMIER CompositeTech.

□FRPの特長を生かした利用へ(近年)

意匠性の高い構造物の実現へ

<StructuralAwards2014:Apple Zorlu, Istanbul>



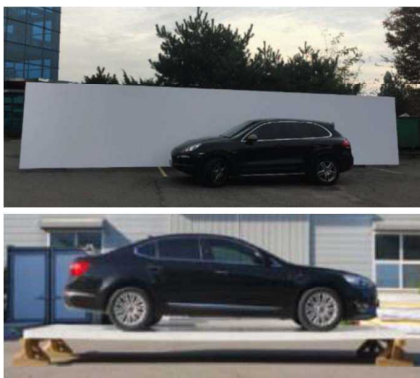
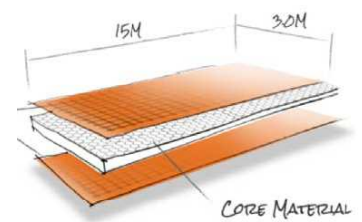
<Apple Campus 2>



FRP利用例:土木・建築分野

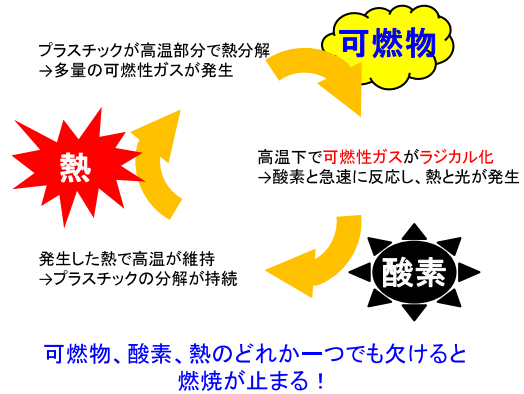
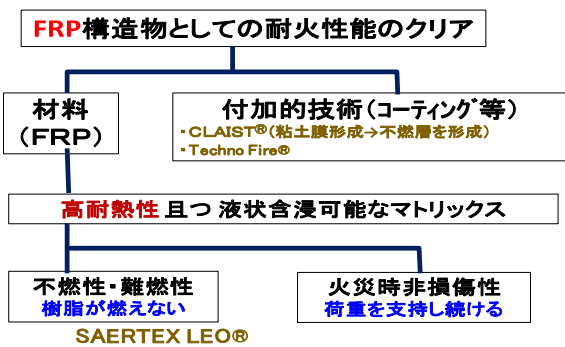
□大型パネルの利用(材料⇔製造装置の開発)

< AXIA/EXCEL >



FRPの耐火性能は材料としては適用化レベル

耐火性能の考え方



- 難燃樹脂の開発
 - 炭化断熱層の形成、ハロゲンリン添加、水酸化アルミ添加、等
 - ハロゲンフリーへ、
 - フェノール樹脂は樹脂特性は良いが成形性が難、UPやVE樹脂、アクリル系樹脂の難燃化へ
- 難燃性の指標: FST (Fire Resistance, Smoke Emission, Smoke Toxicity)
 - NFPA: 日本の【難燃、不燃】という概念ではなく、炎拡大速度や発煙量を定量的に評価
 - ASTM: 試験法の規格

参考: 土木・建築分野の新しい担い手

成形技術: 構造体までの施工能力 (Boat Builder の進出)

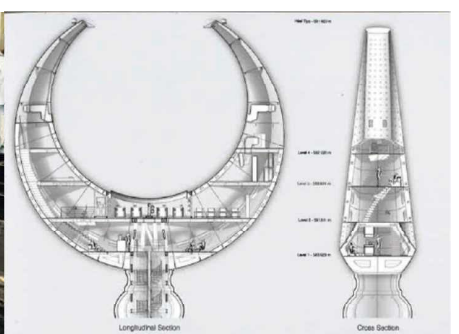
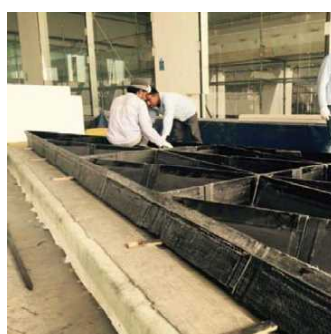
< AFFAN >



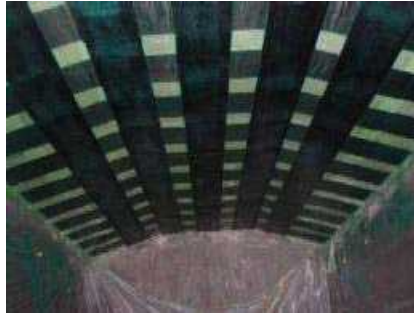
< PREMIER >



< MULTIPLAST >

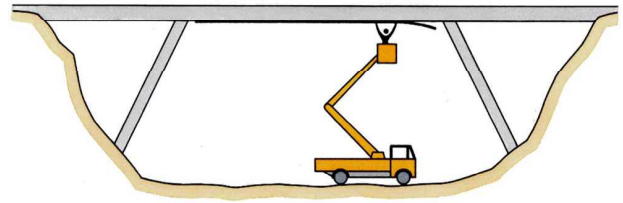
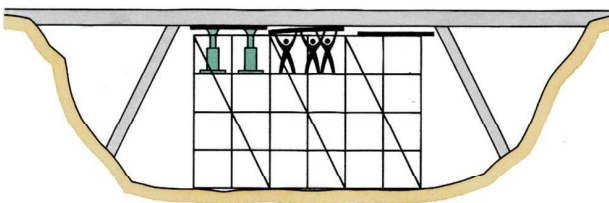


□補修補強効果にすぐれたCFRPシート → CFRPプレート実装へ



Steel Plate補強

CFRP補強



- heavy
- many joints
- slow
- big labor force

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

Urs Meier、EMPA 資料から

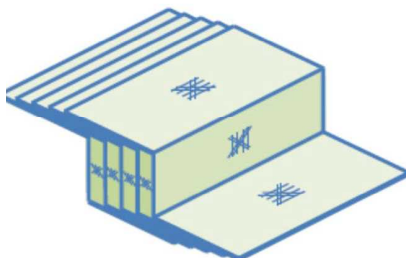
土木・建築分野への適用動向

大型サンドイッチパネル

〈InfraCore (400例を超える適用)〉

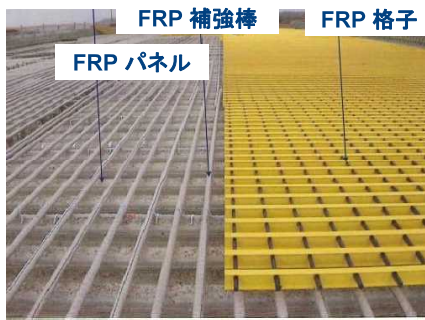


〈Aliamcys 世界最大水扉〉



□コンクリート補強筋は今後の主要な適用分野

＜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



＜バサルト繊維＞



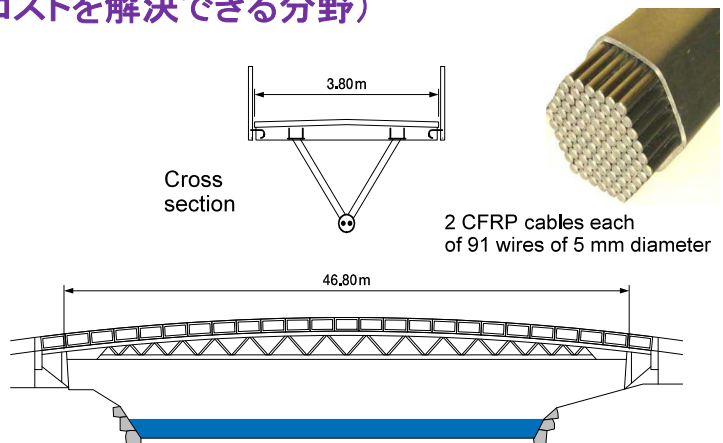
＜熱可塑＞



参考:CFRPの利点をテンションメンバーとして

□CFRPを主構造材料として(CFのコストを解決できる分野)

＜ Bridge over the "Kleine Emme" 1998 ＞



＜ Stork Road Bridge, Winterthur 1996 ＞



＜ CABKOMA, 2015 ＞



□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〉



Application trends of Composites

Aero :

Apply to main structure → Thick / large size

To more high productivity → **Automation / Robot** laydown

To more Low cost → **Dry Fiber**

Auto :

Apply to main member → Complex shape

Mass production → Automation / **Ultra high cycle** / **Thermoplastic** material



Energy, B & I field :

Larger wind blade, Long member, Huge Wide panel by Low Cost

→ Thick Laminate, Dry Fiber & LM,
CF Stiffness/Hybrid
Continuous molding technology



まとめ: 複合材料適用動向と成形技術開発

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
→ ・**連続成形技術**の確率(材料&装置)
・適用/実証研究PRJ.が要

適用拡大/実現に向けて

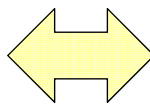
- ・**自動化/装置化**
(高速化、ハイサイクル化)
- ・**コスト削減**
(材料費低減→ボビンから成品)

近年取り組まれている成形技術

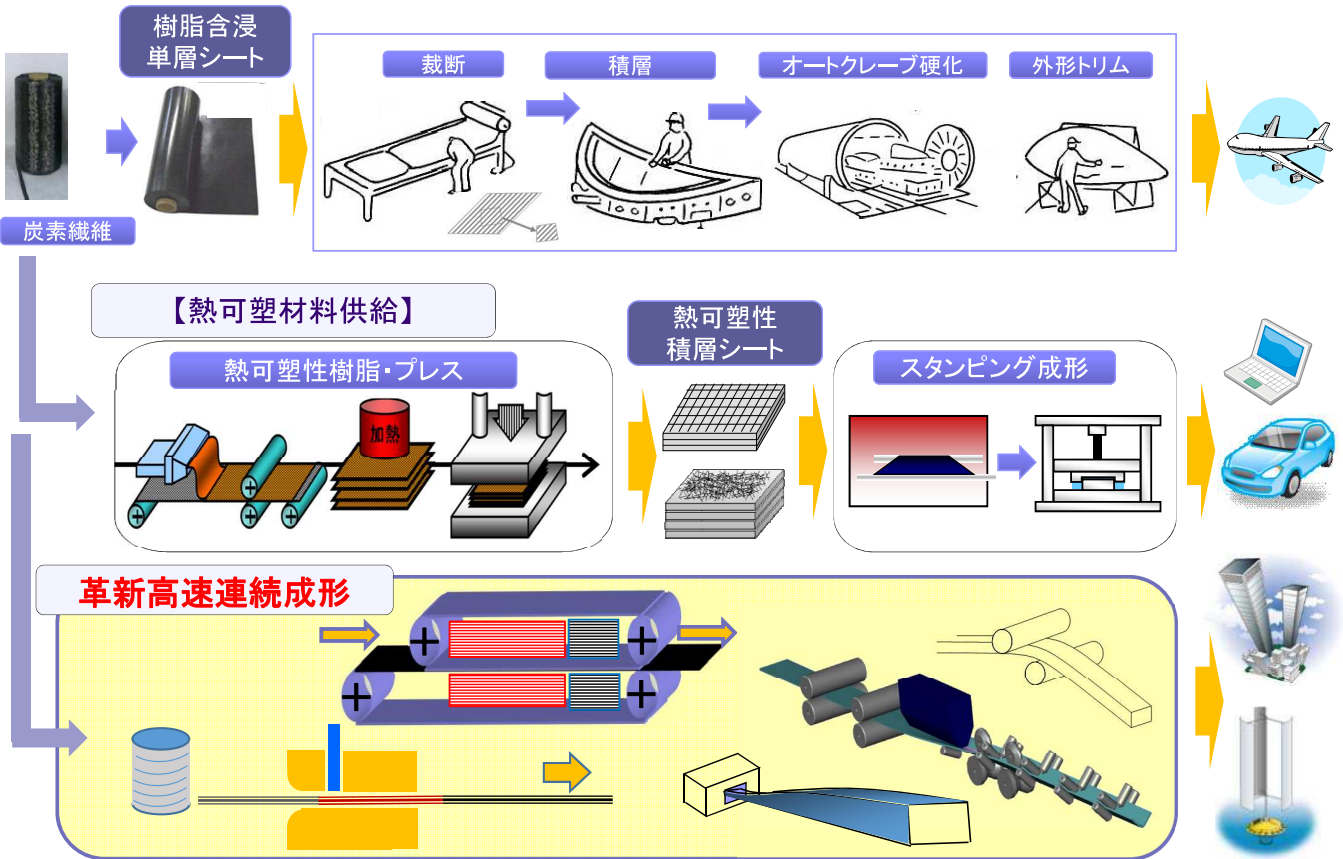
- ・**RTM, VaRTM成形法**
- ・**熱化塑性材料の実用化**

新たな機能性材料

- ・**超高速含侵、硬化/重合**
- ・**耐火性、高温特性**

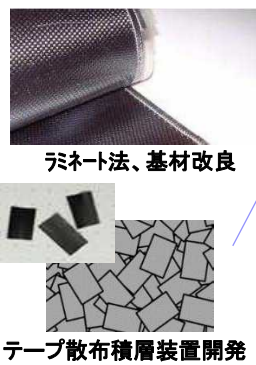


従来 【熱硬化性製造プロセス】

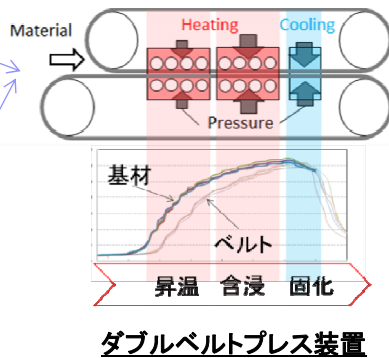


◆連続複合化プロセス

【基材開発】

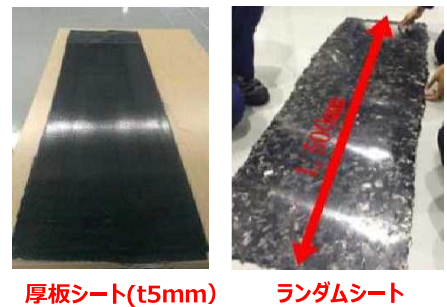


【プロセスシミュレーション ⇄ 成形最適化】

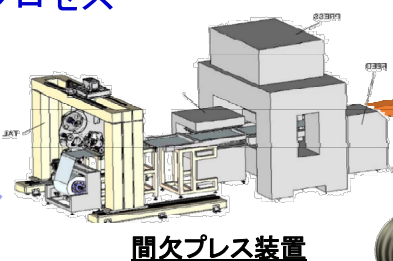
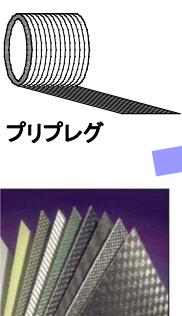


革新材料

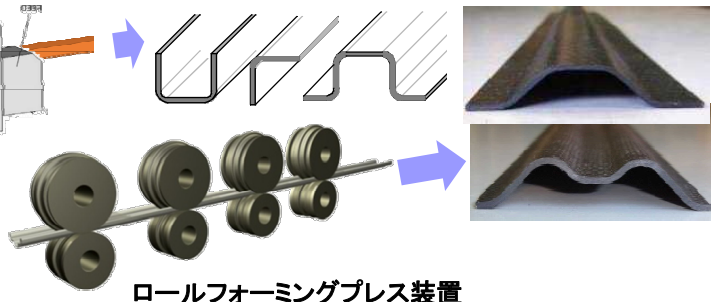
熱可塑ランダムシート連続製造は世界初!



◆連続成形プロセス

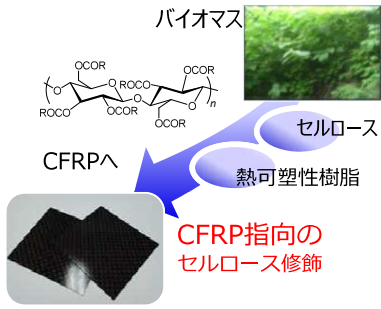


革新構造材



◆**基盤技術**

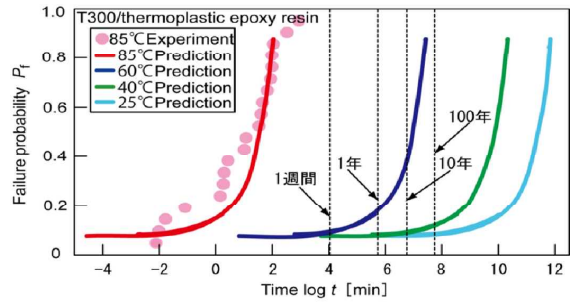
【**バイオマス由来
熱可塑性樹脂の開発**】



【**高性能樹脂の開発**】

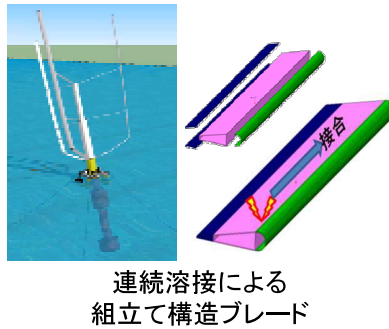


【**熱可塑性エポキシの
クリープ寿命評価技術**】

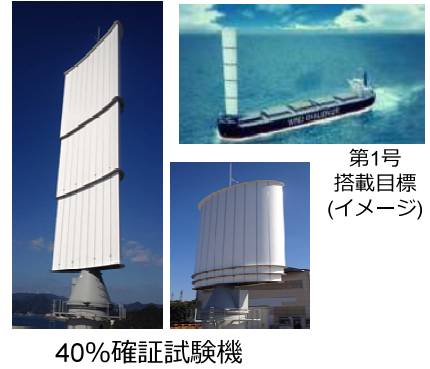


◆**アプリケーションタスク活動**

【**テンションロッド材の耐震補強用途**】 【**垂直軸型風力発電ブレード**】

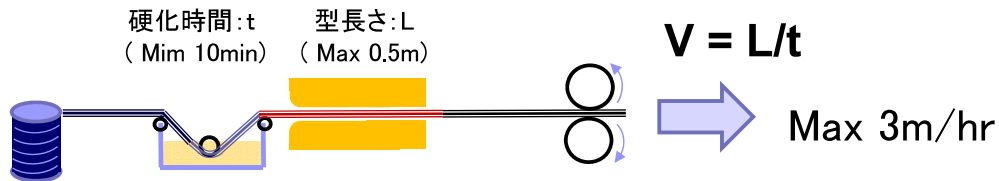


【**大型硬翼帆用大型パネル**】

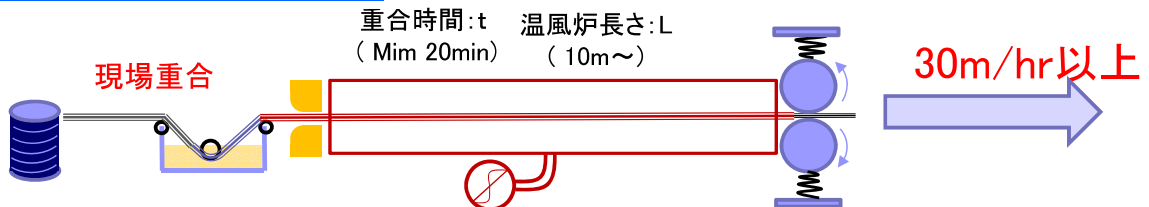


参考: 金工大ICCが目指す革新製造技術

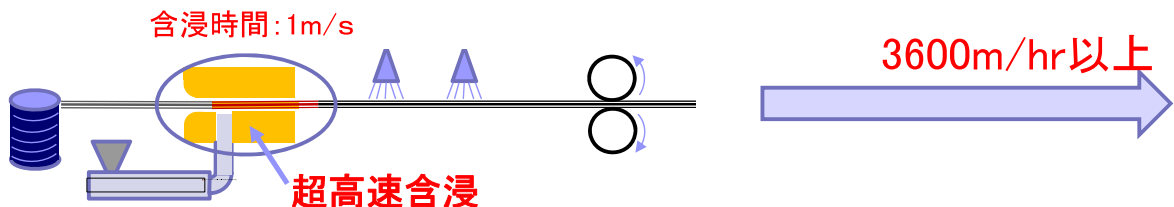
従来技術(熱硬化性樹脂)



ICC(熱可塑性エポキシ樹脂)



ICC(熱可塑性樹脂)



□ Stranded wire with pultruded CFRP rod



＜転落防止柵＞



＜重要文化財への補強＞



＜木造住宅の補強＞



複合材料(FRP)のさらなる適用拡大へ

