«第35回複合材料セミナー»

PAN系炭素繊維の現状と将来

2022年2月18日

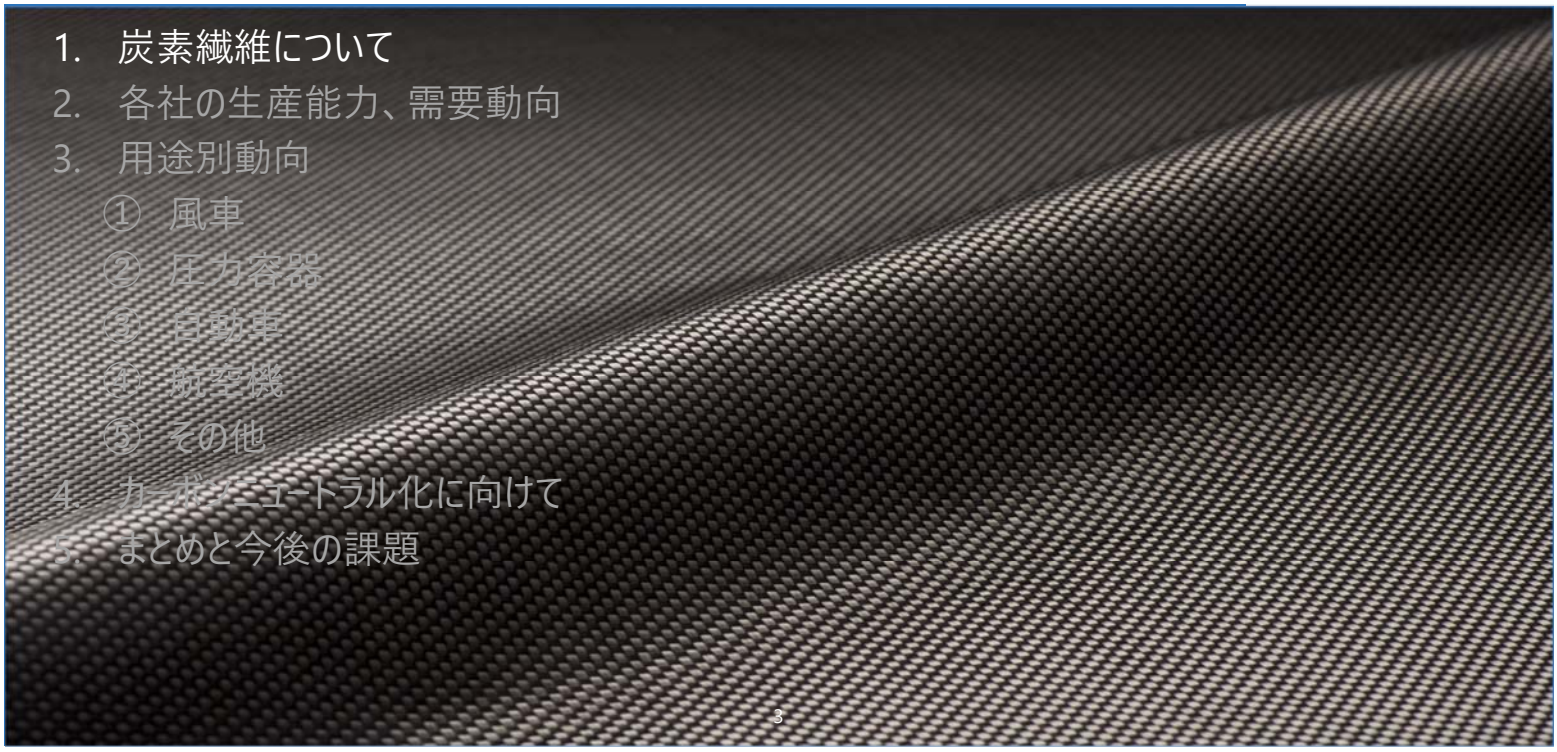
三菱ケミカル株式会社
モールディングマテリアルズディビジョン炭素繊維セクター長
安齊　政夫

本報告の内容

1. 炭素繊維について
2. 各社の生産能力、需要動向
3. 用途別動向
   ① 風車
   ② 圧力容器
   ③ 自動車
   ④ 航空機
   ⑤ その他
4. カーボンニュートラル化に向けて
5. まとめと今後の課題

トピックス-炭素繊維について-

MITSUBISHI CHEMICAL



1. 炭素繊維について
2. 各社の生産能力、需要動向
3. 用途別動向
   ① 風車
   ② 圧力容器
   ③ 自動車
   ④ 航空機
   ⑤ その他
4. カーボンニュートラル化に向けて
5. まとめと今後の課題

1. 炭素繊維について / 種類、製造メーカー、外観

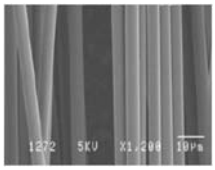
MITSUBISHI CHEMICAL

ＰＡＮ系
- レギュラー・トウ（一般に24,000本まで）
- ラージ・トウ（一般に40,000本以上）

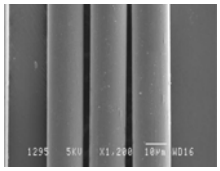
＊PAN＝ポリアクリロニトリル繊維

三菱ケミカル (旧三菱レイヨン)
東レ
帝人 (旧東邦テナックス)
HEXCEL, Solvay (旧Cytec), SGL, Zoltek, Formosa Plastics, 他

PAN系炭素繊維（汎用グレード）



衣料用繊維（3デニール）



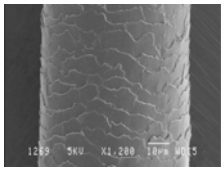
ピッチ系
- メソフェーズピッチ
- 等方性ピッチ

＊ピッチ＝コールタールピッチや石油ピッチ

三菱ケミカル（旧三菱樹脂）
日本グラファイトファイバー
Solvay (旧Cytec)

クレハ
大阪ガスケミカル

髪の毛



※炭素繊維は、直径5～15μmの細いフィラメント
衣料用繊維や髪の毛よりも細い繊維です。

1. 炭素繊維について / その特徴

MITSUBISHI CHEMICAL

強い
強度～7GPa

剛い
弾性率240~590GPa

軽い
比重約1.8

導電性

疲労しにくい

熱膨張小さい

X線透過性

1. 炭素繊維について / 機械的特性

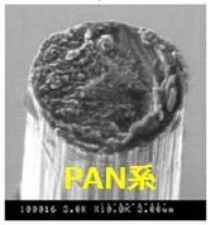
MITSUBISHI CHEMICAL

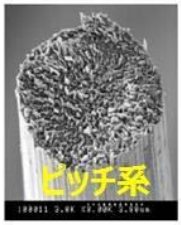
	炭素繊維 TR50S	ガラス繊維 E-Glass	アラミド繊維 Kevlar 49	ステンレス鋼 SUS304	ジュラルミン A2024-T7
密度 (g/cm3)	1.82	2.55	1.45	8.03	2.77
引張強度 (MPa)	4900	3430	3630	520	422
引張弾性率 (GPa)	240	74	13.1	197	74
比強度 (10^6cm)	27.5	13.7	25.5	0.7	1.6
比弾性率 (10^8cm)	13.5	2.9	9.2	2.5	2.6

✓ ステンレス鋼に比べて、強度は約10倍、比強度(軽くて強い度合）は40倍

1. 炭素繊維について / PAN系炭素繊維の歴史

- 1879 エジソンが竹を炭化して白熱電球の芯に実用
- 1961 工技院大阪工試の進藤博士がPAN系CFを発明
- 1963 群馬大の大谷教授がピッチ系炭素繊維を発明
- 1965 UCC（米国）がレーヨン系炭素繊維を工業化
- **1970年代～ PAN系CFを各社が工業化**
  - 1969 コートルズ（英国、撤退）
  - 1971 東レ
  - 1972 ハーキュレス（現、ヘクセル、米国）
  - 1973 東邦レーヨン（現、帝人）
  - 1982 三菱レイヨン (現、三菱ケミカル)
- 2000～、産業用途を中心に新規用途開発が顕在化
- 2010～、韓国・中国、等の新興勢力伸長

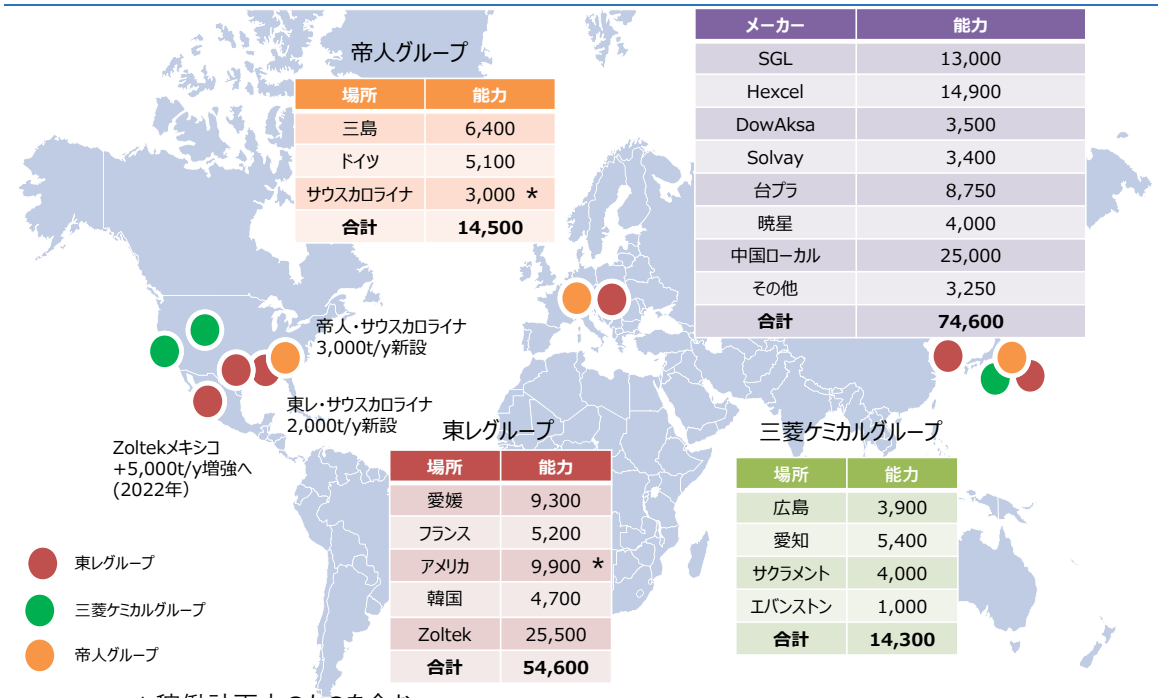




トピックス-各社の生産能力、需要動向-

1. 炭素繊維について
2. 各社の生産能力、需要動向
3. 用途別動向
   ① 風車
   ② 圧力容器
   ③ 自動車
   ④ 航空機
   ⑤ その他
4. カーボンニュートラル化に向けて
5. まとめと今後の課題

2. メーカー各社の生産能力



帝人グループ

場所	能力
三島	6,400
ドイツ	5,100
サウスカロライナ	3,000 *
合計	**14,500**

東レグループ

場所	能力
愛媛	9,300
フランス	5,200
アメリカ	9,900 *
韓国	4,700
Zoltek	25,500
合計	**54,600**

三菱ケミカルグループ

場所	能力
広島	3,900
愛知	5,400
サクラメント	4,000
エバンストン	1,000
合計	**14,300**

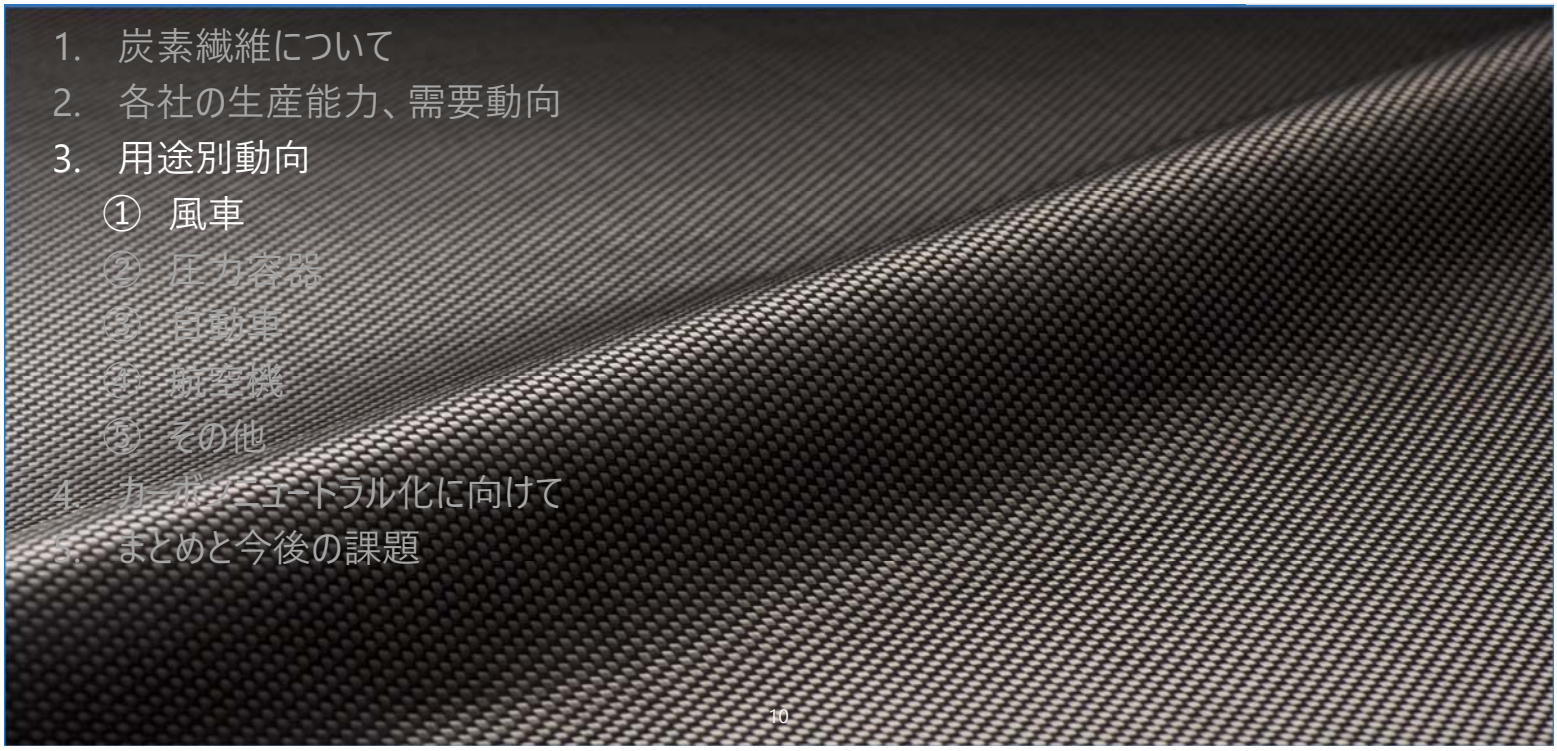
メーカー	能力
SGL	13,000
Hexcel	14,900
DowAksa	3,500
Solvay	3,400
台プラ	8,750
暁星	4,000
中国ローカル	25,000
その他	3,250
合計	**74,600**

* 稼働計画中のものを含む

- ✓ 2020年末のPAN系炭素繊維生産能力は158,000tを推定
- ✓ コロナ禍で一部プロジェクトの中断有り
- ✓ 2020年以降、中国での急激な拡大有り

出典：日経新聞、CMCリサーチ、各社ホームページ
当社にて取り纏め

トピックス-用途別動向-

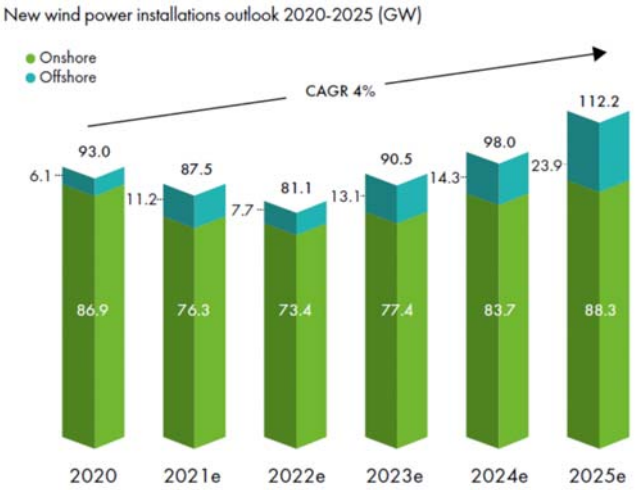


1. 炭素繊維について
2. 各社の生産能力、需要動向
3. 用途別動向
   - ① 風車
   - ② 圧力容器
   - ③ 自動車
   - ④ 航空機
   - ⑤ その他
4. カーボンニュートラル化に向けて
5. まとめと今後の課題

3. 用途別動向 / 風車 (1)

MITSUBISHI CHEMICAL

✓ 風力発電導入見込み
⇒2020-2025では年率4%強の伸びが見込まれる



[出典：GWEC-Global-Wind-Report-2021 より]

✓ オンショアー見込み
- この先5年の成長率；CAGR 0.3%
- 79.8GW/年の導入が見込まれる
- 中国国内での一時的な導入スローダウン

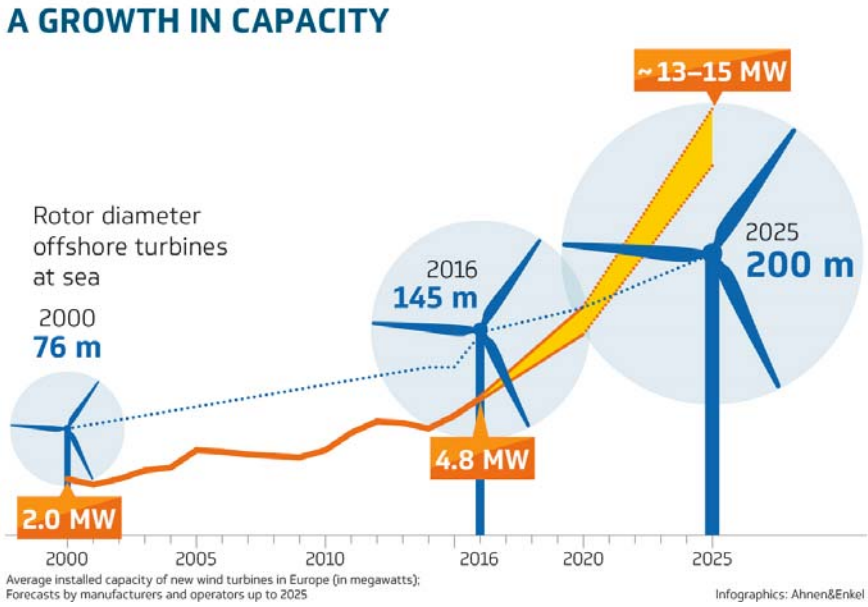
✓ オフショアー見込み
- この先5年の成長率；CAGR 31.5%
- 14.0GW/年の導入が見込まれる
- ヨーロッパ、米国及び日本や韓国などのアジアの主要市場における洋上風力発電の目標の増加
- 化石燃料から再生可能エネルギーへの世界的なエネルギー転換

三菱ケミカル株式会社

3. 用途別動向 / 風車 (2)

MITSUBISHI CHEMICAL

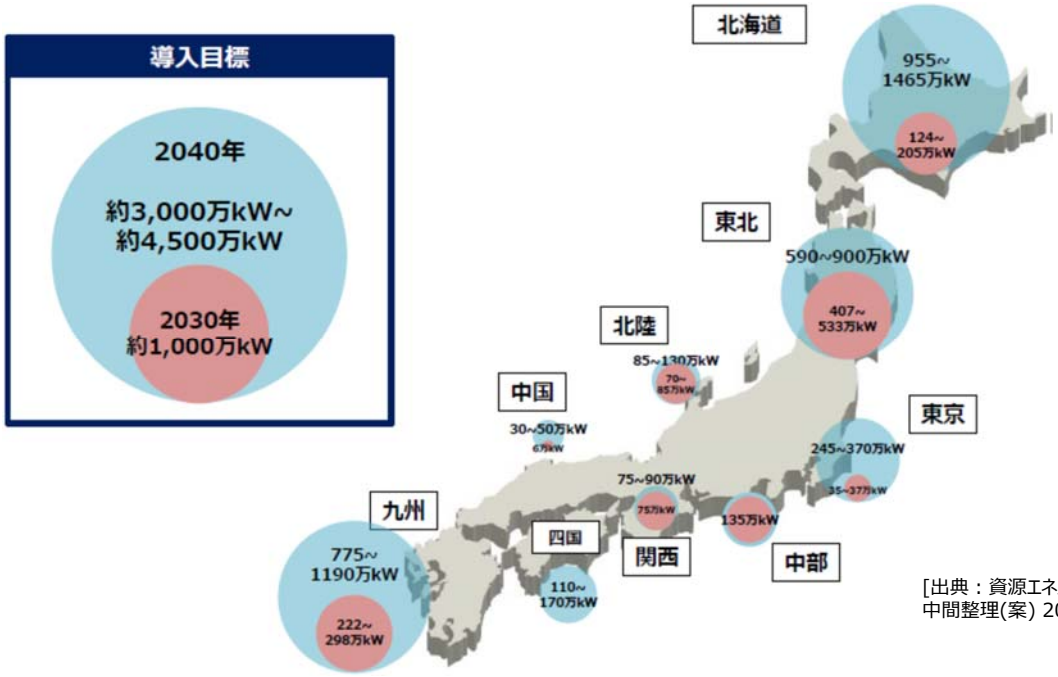
✓ 発電効率向上のため、より大型化 ⇒炭素繊維の需要増加



[出典：German Offshore Wind Energy Foundation, HPより]

三菱ケミカル株式会社

3. 用途別動向 / 風車 (3)



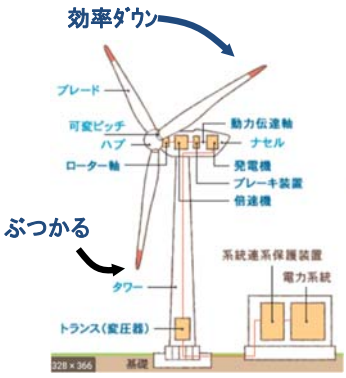
- ✓ 我が国においても洋上風力発電の導入推進が計画されている
- ✓ 特に2040年にかけて更なる導入が見込まれる

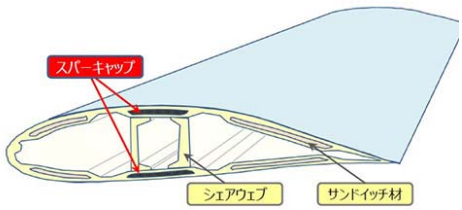
[出典：資源エネルギー庁資料 (今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理(案) 2021年3月22日 より]

3. 用途別動向 / 風車 (4)

✓ スパーキャップ　⇒大型化と市場拡大に貢献

風直発電ブレード大型化に伴い、ガラス繊維複合材料のみで製造した場合、ブレードのたわみにより、支柱にぶつかり破損につながる可能性が高くなる。その為、剛性の高い炭素繊維複合材料（CFRP）が必要となり、また軽量の為施工が容易として、風力発電向けの炭素繊維の採用が増加。これより**2021-2025年の年間で年率15%程度の増加**が見込まれる。



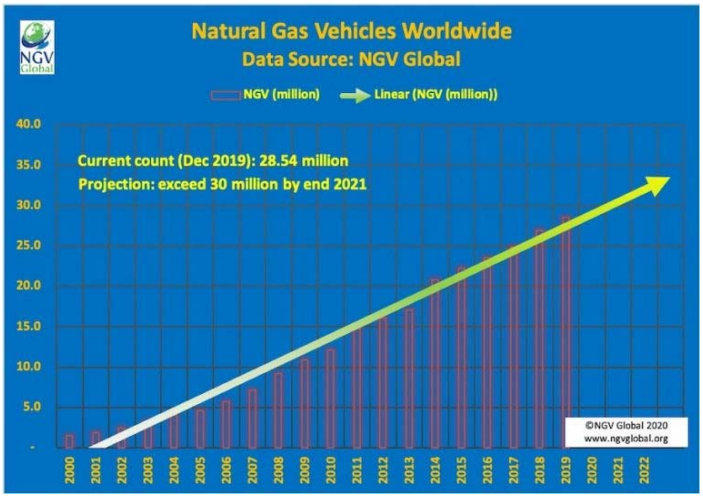


トピックス-用途別動向-

1. 炭素繊維について
2. 各社の生産能力、需要動向
3. 用途別動向
   ① 風車
   ② 圧力容器
   ③ 自動車
   ④ 航空機
   ⑤ その他
4. カーボンニュートラル化に向けて
5. まとめと今後の課題

3. 用途別動向 / 圧力容器 (1)

✓ 天然ガス自動車(NGV)の増加



[出典：NGV Global News, May 22, 2020 より]

✓ よりクリーンなエネルギー源である天然ガスは従来の燃料と置き換えられるであろう

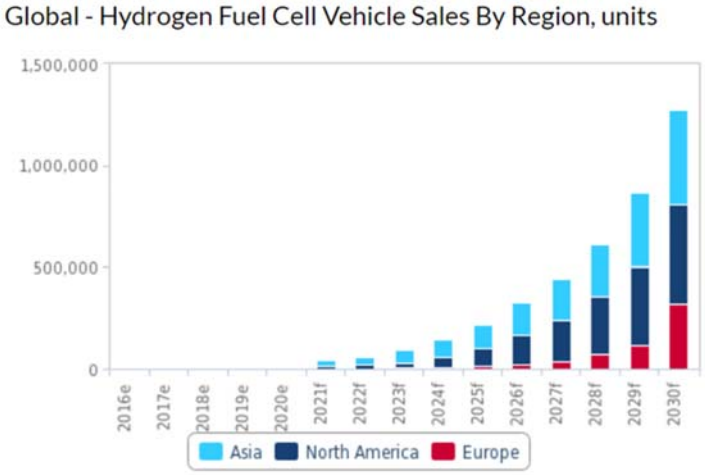
✓ 天然ガス自動車グローバル統計
- 2017-2018；CAGR 8.2%
- 2018-2019；CAGR 6.1%
- 2019-2020；COVID-19によるスローダウン
- 2020-2021；CAGR 2.5%程度

✓ 今後も順調な増加が見込まれる

3. 用途別動向 / 圧力容器 (2)

MITSUBISHI CHEMICAL

✓ FCV導入見込み



e/f = estimate/forecast. Source: Fitch Solutions

[出典：フィッチ・ソリューションズGlobal Hydrogen FCV Outlook Strengthened, But Medium-Term Challenges Emerge より]

- ✓ 水素燃料電池車（FCV）は、輸送部門に於けるカーボンニュートラルに対し、実行可能な長期的解決策の1つ、2022年から2030年にかけて大幅な成長が見込まれる
- ✓ 但し、インフラ並びにFCV自体の供給が限られており、中期(2022～2025年)的にはLNG/CNGをメインと考える企業が多い
- ✓ 地域的にはEU(及び英国)と北米が水素支援の方針と戦略を採用、2022年～2030年にかけて世界のFCV市場シェアが多様化すると予想
- ✓ 最も成長するのはバスやトラックなどの大型商用車と予想される

三菱ケミカル株式会社

3. 用途別動向 / 圧力容器 (3)

MITSUBISHI CHEMICAL

- ■ EV→小型（都市内移動）、PHV→中型車への電気利用拡大、FCV→中大型（都市間移動、将来の軽油代替）が期待
- ■ 多様なモビリティのニーズに対応した車両ラインアップを提供

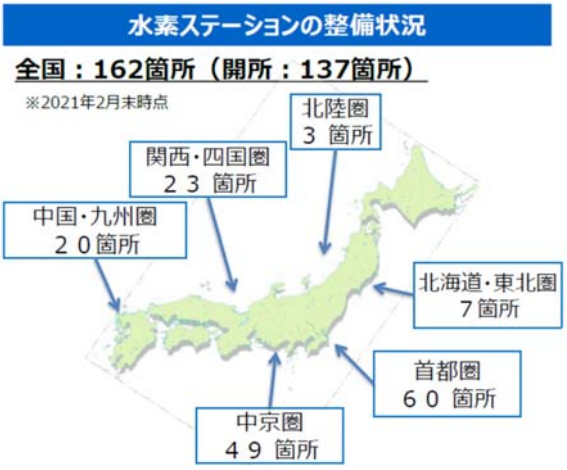
[出典：日本自動車工業会資料（2050年カーボンニュートラル実現に向けた省エネルギーの更なる深堀と課題・要望）令和3年4月8日 より]

三菱ケミカル株式会社

3. 用途別動向 / 圧力容器 (4)

MITSUBISHI CHEMICAL

✓ 国内のFCV状況



[出典：資源エネルギー庁資料 (今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理(案) 2021年3月22日 より]

✓ 水素ステーションは4大都市圏を中心とし、137箇所が既に営業開始、但し各種費用は高止まりしており、FCVの更なる拡大には、一層のコスト低減が必要

✓ インフラ整備はFCV拡大の一つのポイント

✓ これらが進めば、**2021-2025年で年率 15%程度の伸び**が見込まれる

トピックス-用途別動向-

MITSUBISHI CHEMICAL

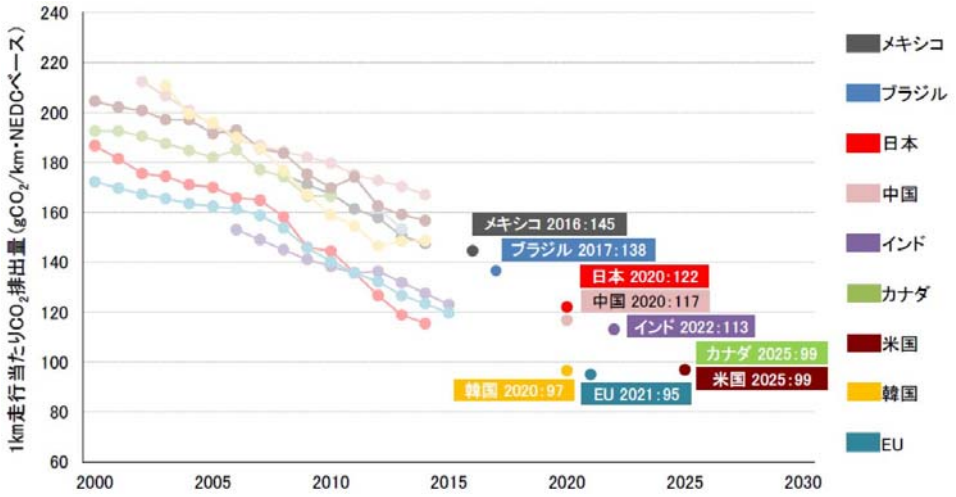
1. 炭素繊維について
2. 各社の生産能力、需要動向
3. 用途別動向
   ① 風車
   ② 圧力容器
   ③ 自動車
   ④ 航空機
   ⑤ その他
4. カーボンニュートラル化に向けて
5. まとめと今後の課題

3. 用途別動向 / 自動車 (1)

MITSUBISHI CHEMICAL

✓ 各国CO_2排出規制強化

- ➢ 日米欧各国はCO_2排出規制を強化
- ➢ エンジン燃費効率、EV化率に加え車体の軽量化が実現のカギ

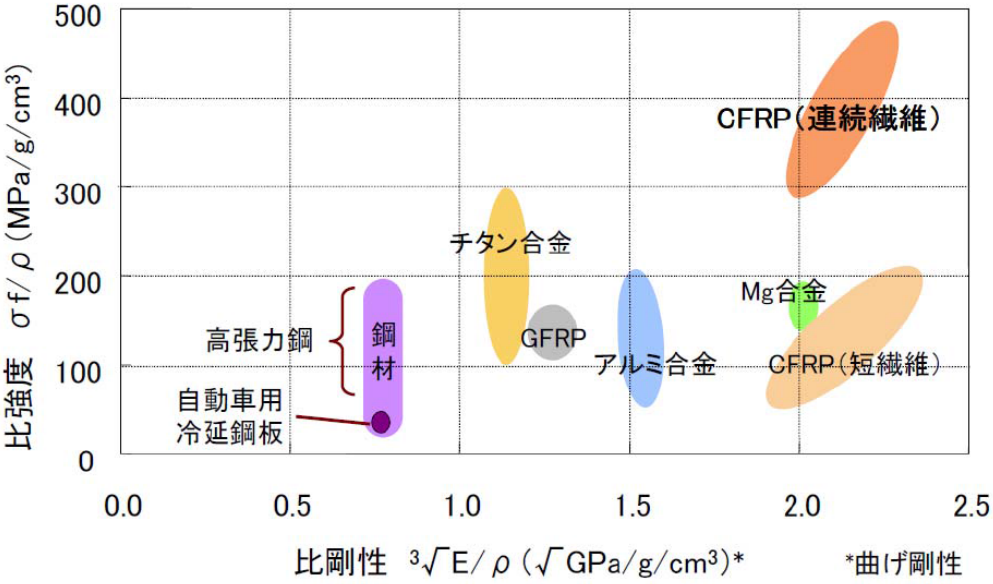


[出典：諸外国における車体課税のグリーン化の動向(環境省)]

3. 用途別動向 / 自動車 (2)

MITSUBISHI CHEMICAL

◆自動車材料の比強度と比剛性



NEDO委託研究
「自動車軽量化炭素繊維強化複合材料の研究開発」
（中間評価）分科会資料より

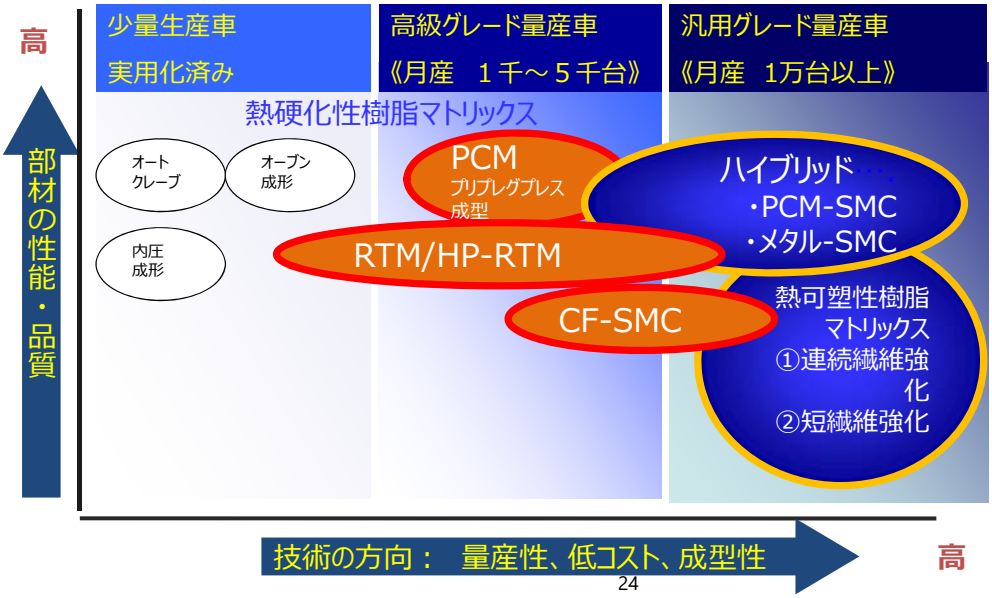
3. 用途別動向 / 自動車 (3)

三菱ケミカル株式会社

3. 用途別動向 / 自動車 (4)

✓ 自動車用炭素繊維コンポジットの技術進展

➢ 性能重視から生産性、低コスト重視、更に性能向上を目指す。



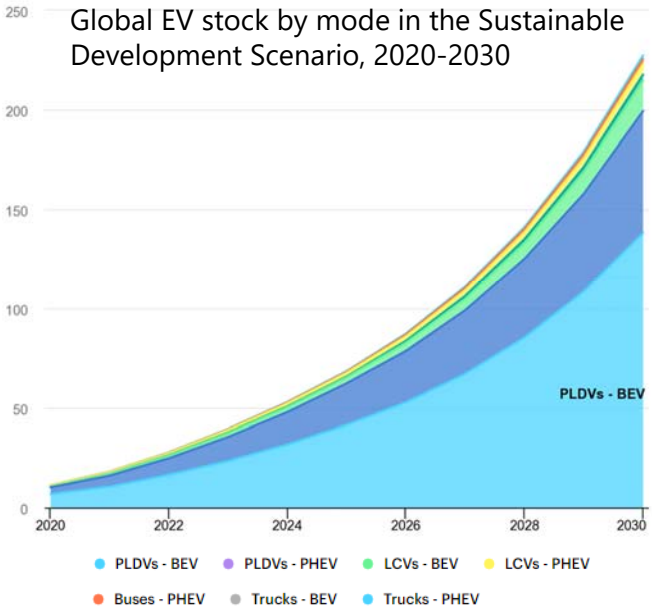
三菱ケミカル株式会社

3. 用途別動向 / 自動車(バックドアー)

- ✓ Carbon Sheet Molding Compound
  - ➢ 成形性、生産性に優れたC-SMC
- ✓ ランダムチョップベースのシート状易成形性ハイサイクル材料
  - ➢ 高流動性のため賦形性に優れ立体複雑形状が可能
  - ➢ 部材統合によるコスト低減可能、成形時廃棄材が少ない
  - ➢ 低比重；アルミニウムに対し25%以上の軽量化可能

3. 用途別動向 / 自動車(バッテリーケース)

- ✓ EV導入見込み



- ✓ 持続可能な開発目標が達成されると仮定した場合、以下を推定
  - ➢ 70百万台 @2025
  - ➢ 230百万台 @2030
  - ➢ 全世界に於けるEV比率は12%程度に達すると推定される
- ✓ EVに於いても軽量化は大きなポイント

[出典：Global EV Outlook 2021, Prospects for electric vehicle deploymentより]

トピックス-用途別動向-

MITSUBISHI CHEMICAL

1. 炭素繊維について
2. 各社の生産能力、需要動向
3. 用途別動向
   ① 風車
   ② 圧力容器
   ③ 自動車
   ④ 航空機
   ⑤ その他
4. カーボンニュートラル化に向けて
5. まとめと今後の課題

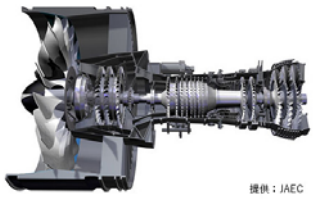
3. 用途別動向 / 航空機 (1)

MITSUBISHI CHEMICAL

- ✓ 航空機分野におい、炭素繊維複合材料（CFRP）は機体軽量化による燃費効率向上のための不可欠な素材
- ✓ 主翼・胴体等の一次構造材から座席・フロアパネル等の二次構造材に至る幅広い用途に使用されており、今後もエンジン部位など新しい用途への展開も期待

- ✓ ファンの大型化を可能にするための素材として軽量かつ高強度な性能を持つ炭素繊維複合材料（CFRP）を使用
- ✓ 構造案内翼で翼部材と構造部材を一体化することで更に軽量化
- ✓ ファンの直径を大型化した先進ギアシステム「Geared Turbo Fan」によりファン回転数の減速ができ，高い推進効率と騒音の低減を実現

A320neo向け　PW1100G-JM



提供：JAEC

3. 用途別動向 / 航空機 (2)

MITSUBISHI CHEMICAL

- ✓ 鳥衝突に耐え得る耐衝撃性能と生産性を両立する熱可塑性樹脂CFRP
  - ➢ 非常に高い耐衝撃性能を示した当社中弾性炭素繊維は、熱可塑性樹脂CFRPに使用され高い生産性も実現することでPW1100G-JM構造案内翼に採用、現在量産供給中

- ✓ COVID-19の影響より、2020-2022年は2019年を下回るものと考えますが、2023年以降は回復が見込まれます
- ✓ 2025年に掛けては更なる伸長が想定され、これより**2021-2025年で年率 10%程度の伸び**が見込まれる

トピックス-用途別動向-

MITSUBISHI CHEMICAL

1. 炭素繊維について
2. 各社の生産能力、需要動向
3. 用途別動向
   - ① 風車
   - ② 圧力容器
   - ③ 自動車
   - ④ 航空機
   - ⑤ その他
4. カーボンニュートラル化に向けて
5. まとめと今後の課題

3. 用途別動向 / その他 (1)

MITSUBISHI CHEMICAL

✓ プロペラ

✓ CFRPプロペラで高燃費と居住性向上を実現

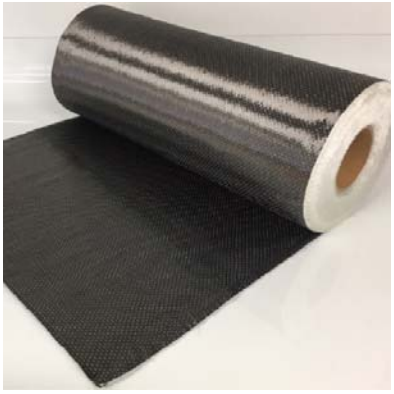
✓ CFRPプロペラは三菱ケミカル物流（株）保有の船舶に搭載、環境に配慮した輸送を実現

- ➢ 炭素繊維複合材料（CFRP）は従来の銅合金よりも軽量で高強度、プロペラの大直径化に貢献
- ➢ ブレードの根本が硬く、先端を柔らかくする設計によって、急激な変動（急発進、荒天航海）の負荷を低減
- ➢ 航行時の真空波（キャビテーション）の発生を抑制することで、推進性能アップ

3. 用途別動向 / その他 (2)

MITSUBISHI CHEMICAL

✓ 既存構造物の補修・補強



✓ 炭素繊維による既存構造物の補修補強は、阪神淡路大震災をきっかけに、現在では鉄、コンクリートと同様に一般的な補修補強材料として認知、広く国内既存インフラ構造物の維持・補強に活用されている

✓ 炭素繊維シート「リペラーク」が、工事の簡素化、短納期化を可能に

✓ 予め工場成型した炭素繊維複合材料（CFRP）製品でインフラ構造物の補修補強が可能に

トピックス-カーボンニュートラル化に向けて

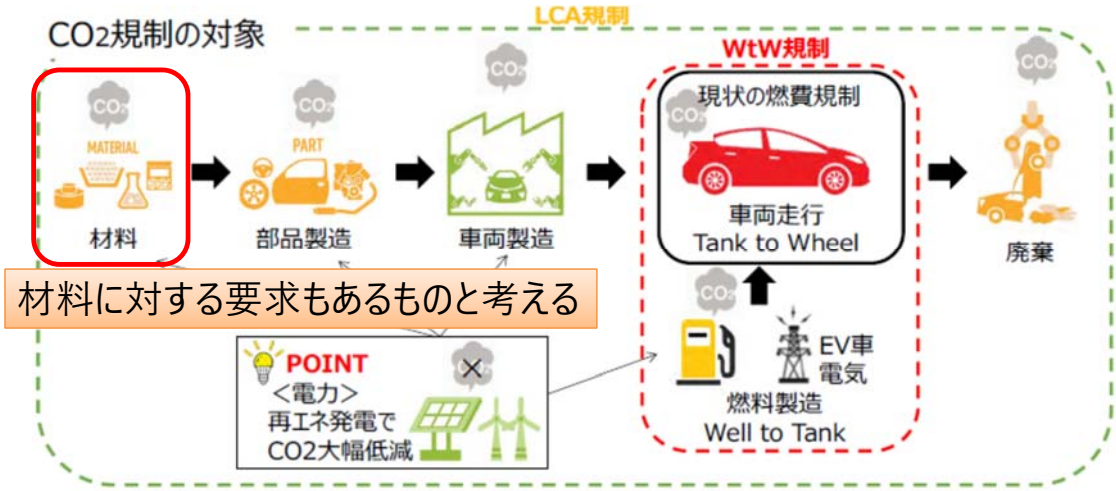
MITSUBISHI CHEMICAL

1. 炭素繊維について
2. 各社の生産能力、需要動向
3. 用途別動向
   ① 風車
   ② 圧力容器
   ③ 自動車
   ④ 航空機
   ⑤ その他
4. カーボンニュートラル化に向けて
5. まとめと今後の課題

4. カーボンニュートラル化に向けて

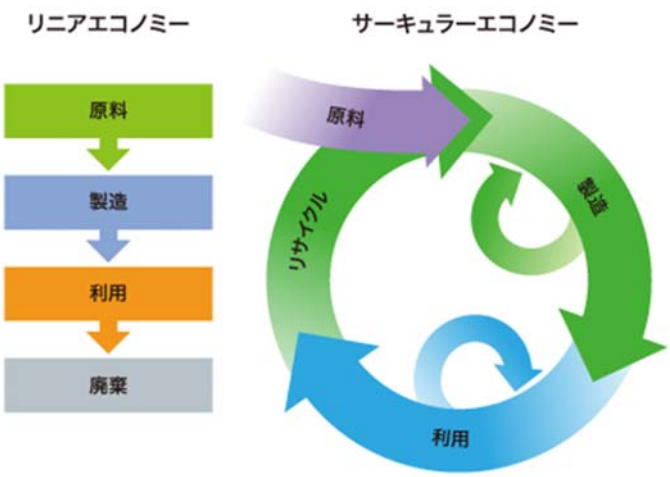
MITSUBISHI CHEMICAL

- ✓ 昨年11/13に終了したCOP-26に於いて、『1.5°C目標の公式文書への明記』がなされた
- ✓ これに対して産業界でも様々な対応を要す状況
  - ➢ 以下は自動車工業会に於ける取組み案



[出典：日本自動車工業会資料（2050年カーボンニュートラル実現に向けた省エネルギーの更なる深堀と課題・要望）令和3年4月8日より]

4. カーボンニュートラル化に向けて



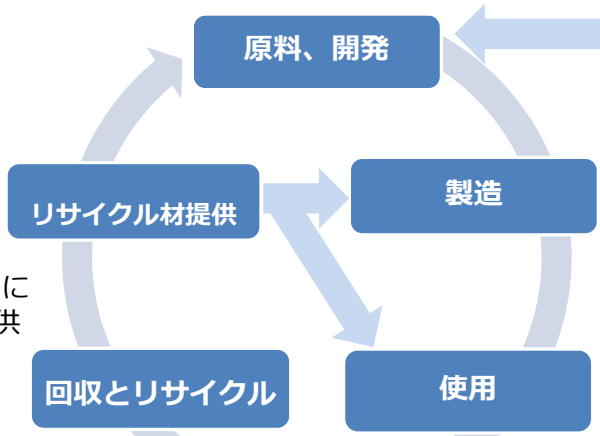
- ✓ 従来の「採って、作って、使って、廃棄する」という一方通行のリニアエコノミーから、リサイクルを含む資源の有効活用や再生可能原料の使用などをはじめとするサーキュラーエコノミー（循環型経済、以下CE）への移行
- ✓ 更に炭酸ガス固定などを含むカーボンニュートラル化へ展開
- ✓ 炭素繊維協会委員会としても『CFサステナビリティビジョンWG』を設置、CO_2削減、カーボンニュートラル化に向けたビジョン策定を進めている

4. カーボンニュートラル化に向けて / 三菱ケミカルの場合

LCA

CF　リサイクル材

・カーボンフットプリントに優れた製品を開発・提供



- サステナブル材料適用他

- クリーンエネルギーへの転換
- 製造時廃棄物削減

- モビリティー、エネルギー、スポーツ分野等への商品提供で、GHG削減と快適生活を実現

4. カーボンニュートラル化に向けて / MCCグローバル拠点

MITSUBISHI CHEMICAL

炭素繊維、プレプレグ他各種中間品、
各種成型品と試作

将来計画：
- **リサイクル炭素繊維生産**
- **リサイクル炭素繊維を活用した各種中間品生産**
- **植物由来製品生産**

炭素繊維、プレプレグ他各種中間品、
各種成型品と試作
リサイクル炭素繊維生産、中間品生産

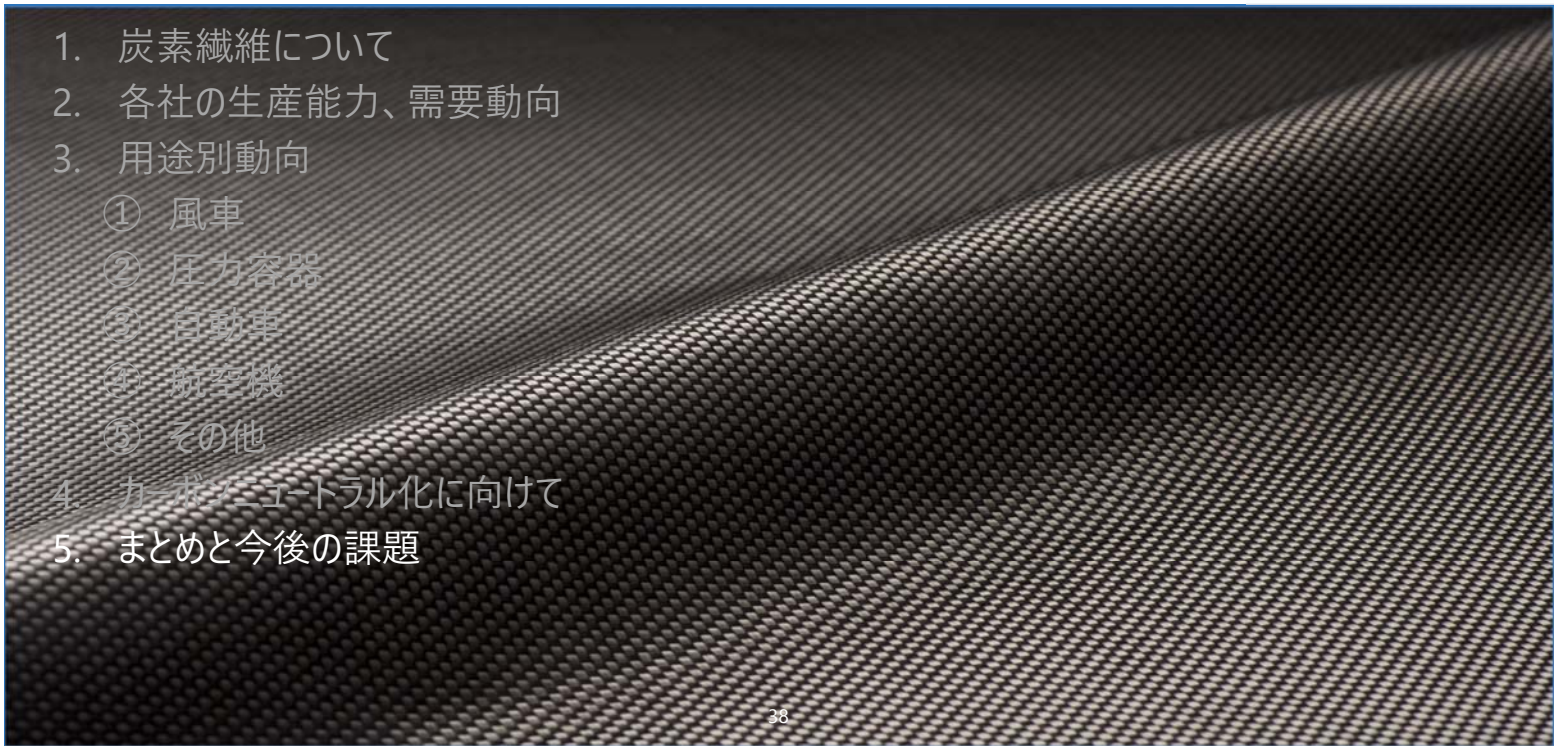
将来計画：
- **リサイクル炭素繊維を活用した各種中間製品、成型品生産**
- **植物由来製品生産**

炭素繊維、プレプレグ他各種中間品、
各種成型品と試作
リサイクル炭素繊維生産、中間品試作

将来計画:
- **リサイクル炭素繊維を活用した各種中間製品、成型品生産**
- **植物由来製品生産**

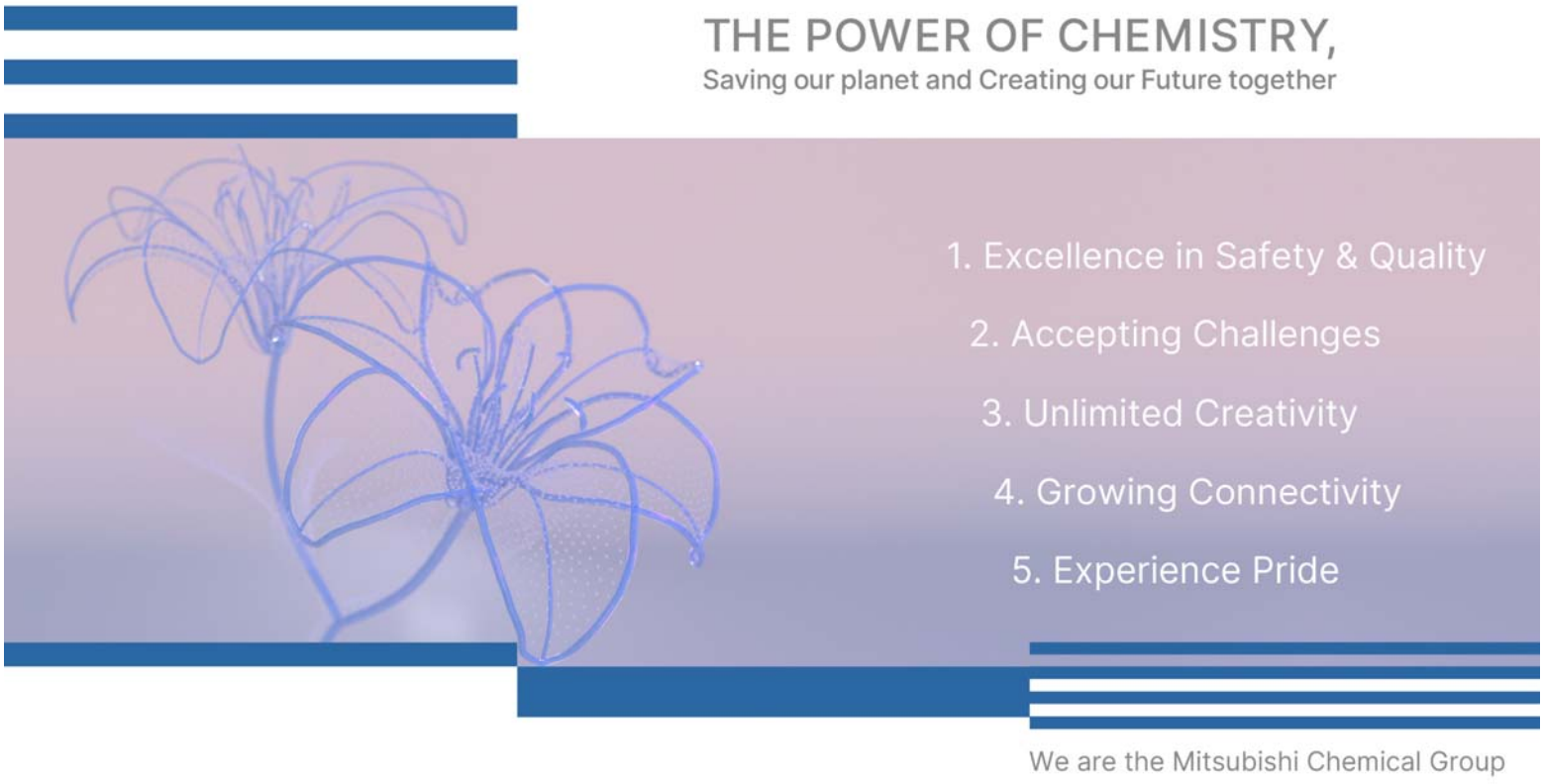
トピックス-まとめと今後の課題-

MITSUBISHI CHEMICAL



1. 炭素繊維について
2. 各社の生産能力、需要動向
3. 用途別動向
   ① 風車
   ② 圧力容器
   ③ 自動車
   ④ 航空機
   ⑤ その他
4. カーボンニュートラル化に向けて
5. まとめと今後の課題

5. まとめと今後の課題

1. 風力発電に於ける旺盛な需要は引続き、炭素繊維活用の更なる伸長が見込まれる。
2. 圧力容器用について、コロナ禍での一時的な需要減は有ったものの、『カーボンニュートラル化』の需要の下、CNG並びに水素圧力容器共に伸長が期待される。
3. 自動車用途についてもコロナ禍の影響は有るものの、CO_2排出の低減のためのCFRP活用による軽量化が期待され、今後の伸長が期待される。但し、自動車での使用拡大のためには、素材並びに加工方法を含めたコスト低減が重要である。
4. 航空機についてはコロナ禍の影響が大きく、2023年頃の回復が見込まれるが、その後は順調な回復が期待される。
5. その他の用途についても、『カーボンニュートラル化』に対する需要により、更なる伸長が期待される。
6. 更なる炭素繊維伸長の為にはリサイクルを始めとする『サーキュラーエコノミー』の推進、更にその先にある『カーボンニュートラル化』への取組みが必須である。

三菱ケミカル株式会社