

発表No. A-1

燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業／水素利用等高度化先端技術開発／低コストと高性能を両立した炭素繊維の研究開発

発表者名 入澤寿平

団体名 (委託先) 東海国立大学機構, 九州大学
(再委託先) 京都工芸繊維大学,
東京工業大学, 産業技術総合研究所

発表日 2022年7月27日

連絡先：入澤寿平
東海国立大学機構 岐阜大学
irisawa@gifu-u.ac.jp
058-293-2530

事業概要

1. 期間

開始 : (西暦) 2020年10月

終了 (予定) : (西暦) 2025年3月

2. 最終目標

炭素繊維の低コスト化 (すなわち, **水素貯蔵タンクの低コスト化**) によるFCVの普及への貢献を目的とし、本研究 (炭素繊維開発)の最終目標**10\$/kg**の製造コストで実用化する**2030年※**に**引張弾性率290GPaと強度5.8GPaを実現** (PJ期間は, それぞれ, **240GPaと強度4.8GPa**) を目標とする。加えて, XPSでの**O/C値**、フラグメンテーション試験での界面剪断強度(**IFSS**) (対エポキシ樹脂もしくはポリアミド6) で**市販品と同等**以上を達成する。目標達成後には、水素タンク製造コストの大幅削減が見込まれ、副次的効果として炭素繊維低コスト化による二酸化炭素大幅削減も期待できる。

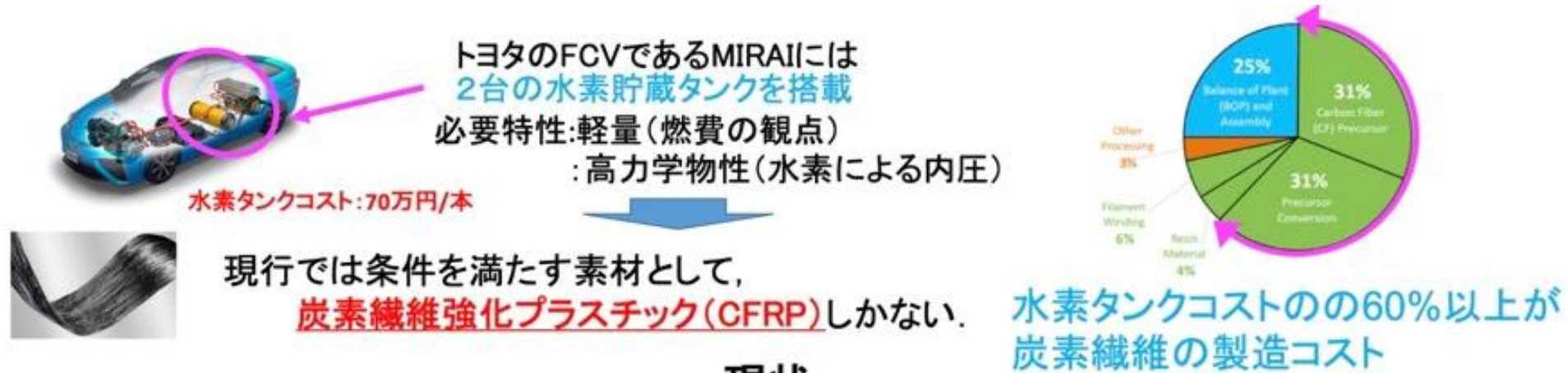
3. 成果・進捗概要

東海国立大学機構と九州大学が両輪で別々の観点から新前駆体の観点から開発を進める中で、補完的要素技術として京都工芸繊維大学、東京工業大学、産業技術総合研究所によって原料に関する調整技術、製造条件の最適化に有益な情報を取得するための解析技術開発も進めている。

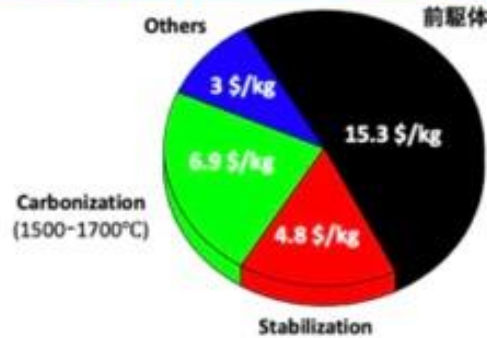
2021年6月までに設定した中間目標物性値 (**引張弾性率170GPaと強度1.7GPaおよびO/C値とIFSSについて市販品の8割**) を達成！！

1. 事業の位置付け・必要性

- 本事業を実施する背景や目的



PAN系炭素繊維のコスト試算



※Warren, D. 2010 Oak Ridge National Laboratory

原料コスト+耐炭化コスト
の削減が課題 (30 \$/kg)

現状

水素タンクコスト:70万円/本

2030年目標

水素タンクコスト:10~20万円/本

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/roadmap_hyoka_wg/pdf/001_03_00.pdf

弱点

現行のPAN系炭素繊維では、自動車業界が要求する2030年の水素タンクコストの実現は不可能！

今までにない斬新なアイデアを基盤とする新炭素繊維原料・製造技術開発が必要不可欠
(我々の技術はこれを可能にする！！)



1. 事業の位置付け・必要性

- 本事業の位置づけや意義、必要性
- ベンチマーク（国内外）結果との比較

近年の低コスト炭素繊維開発は下記論文にレビューとしてまとめられている。

Carbon 142 (2019) 610–649

Contents lists available at ScienceDirect

 Carbon 

journal homepage: www.elsevier.com/locate/carbon

Review article

Fabrication of low-cost carbon fibers using economical precursors and advanced processing technologies

Dalsu Choi ^{a,1}, Hyun-Sig Kil ^{a,1}, Sungho Lee ^{a,b,*}

^a Carbon Composite Materials Research Center, Institute of Advanced Composite Materials, Korea Institute of Science and Technology, 92 Chudong-ro, Bongdong-eup, Wanju-gun, Jeollabuk-do, 55324, Republic of Korea

^b Department of Nano Material Engineering, Korea University of Science and Technology, 217 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 34113, Republic of Korea

米国（オークリッジ国立研究所）と豪州（Carbon Nexus）の活動が活発であるが、我々が掲げる2024年3月に向けての中間目標2は未達である。また、PAN以外から20\$/kg以下の低コストで我々が掲げる中間目標1も未達である。（我々はすでに達成）。海外勢が苦戦を強いられている中で、炭素繊維開発の先進国である日本のチャンスである一方で、我々のPJは国内の新炭素繊維開発の最後の砦である。

1. 事業の位置付け・必要性

- 本事業の位置づけや意義、必要性
 - 産業界等のニーズに対して、研究開発目標レベルが妥当かどうか
1. 産業界ニーズとの合致度

既に、**10社からの関心表明書**の提出をいただいております、産業界からの関心（ニーズ）の高さは確かである。産業界のニーズとの合致度は極めて高い。

2. 産業界ニーズとの貢献度

推進委員会には関心表明書を提出をいただいた企業様（NDAも締結済）にアドバイザーとして参加して頂いて情報共有を行っている。今年度の終盤以降には**試料提供も検討中**である。**東海国立大学機構内に2022年1月目標でFuture Fiber Factory（FFF）**が設置される予定である（すでに認可済）。本プロジェクトの実施拠点の一つとしてFFFを活用し、**産業界との連携体制を強化する**。参画機関には、本プロジェクトの成果物をCFRPに応用する技術開発をFFFで進められる体制を整備中である。

結論：自動車メーカー2社、炭素繊維製造企業2社からの関心表明からも明白な通り本研究開発には産業界の高いニーズが認められる。国策レベルでの研究開発が必須！

2. 研究開発マネジメントについて

- 研究開発の目標と目標設定の考え方（根拠）
- 研究開発のスケジュール

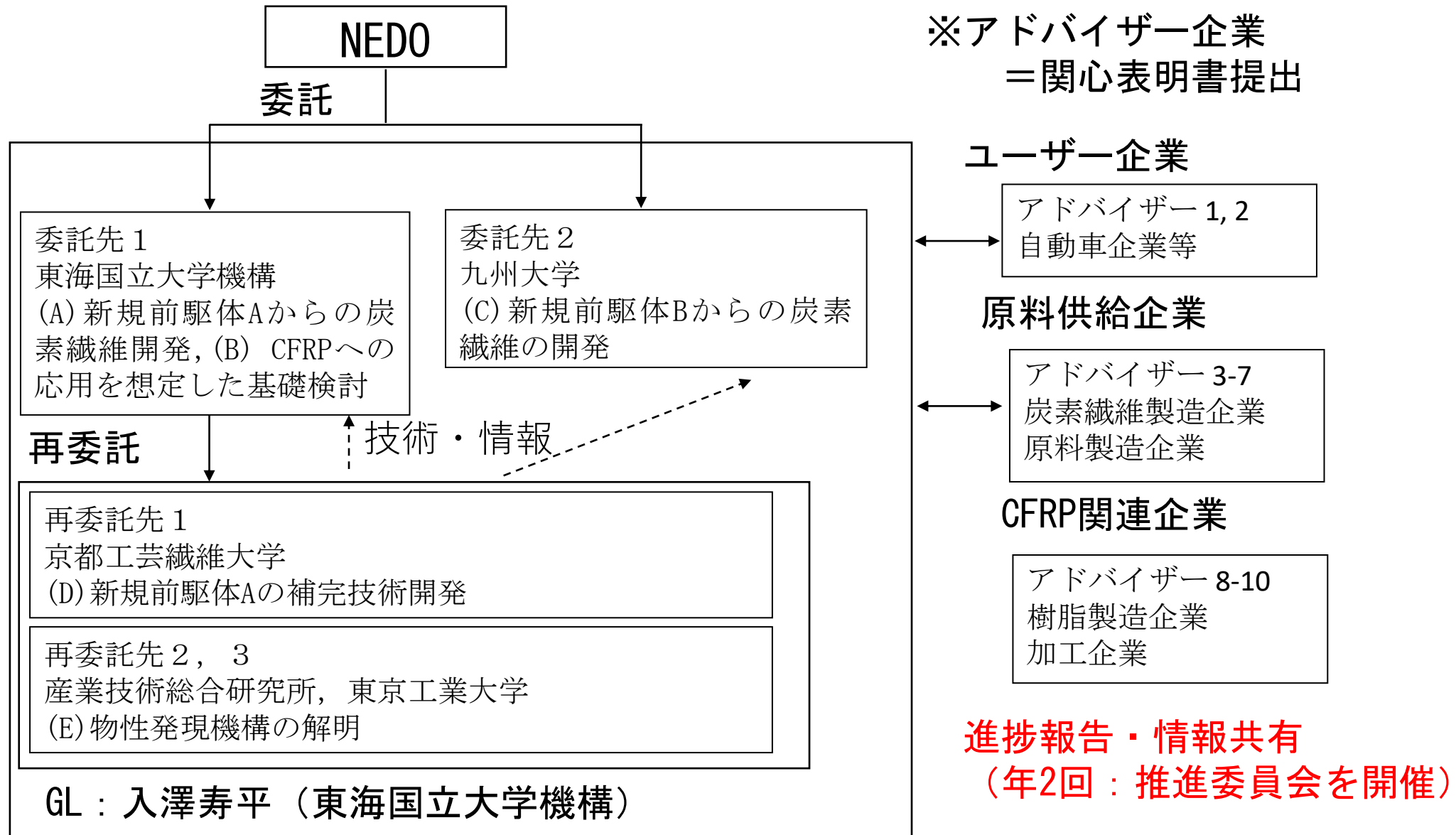
開発項目	年度					
	本研究開発期間			本研究開発(終了)以降		
	2020-2021 現在地	2022-2023	2024	2025-2027	2028-2029	2030
本研究開発 東海国立開発品 九大開発品 特徴 東海国立・九大技術 融合 or 取捨選択	(バッチプロセス) ラボスケールでの試作 東海国立: 太径・異形 九大: 高伸度品 目標達成 弾性率:170GPa 強度:1.7GPa	(連続プロセス) 小規模工業スケール での試作と検討	達成目標 弾性率:230GPa 強度:3.5GPa	達成目標 弾性率:240GPa 強度:4.8GPa	達成目標 引張 弾性率:290GPa 強度:5.8GPa	FCV 水素タンクとして本格実用
他事業との連携		データの共有・設計側 からのフィードバック CFの設計指針獲得 水素タンク設計チーム とのシナジー・加速	小型タンク の試作			
・炭素繊維メーカーによる 実用化開発 ・自動車メーカーによる 水素タンク開発	関心表明 関心表明	CFメーカーより 関心表明書2件 自動車メーカーより 関心表明書2件	技術譲受 ※ベンチャー企業を 活用する可能性 水素タンクとしての実証開始	小規模ラインでの生産 ※ベンチャー企業を 活用する可能性	パイロットラインでの量産 設計完了 水素タンク生産を開始	

(中間目標：2023年度末)
 PAN系炭素繊維の汎用グレード品同等。
 自動車の車体用構造材料としては用途を十分に
 満たす力学物性である。

(中間目標：2024年度末)
 中級グレード品同等の値。
 航空機用途品と同等の物性値。

2. 研究開発マネジメントについて

- 研究開発の実施体制



2. 研究開発マネジメントについて

- その他、研究開発の進捗管理（マネジメント）や知的財産戦略に関する独自の取り組み等。
- **オープン、クローズ戦略を明確にし、オープンにすべき技術（オープンにしてもノウハウを教示しない限り真似できない技術）は知財委員会の承認を経て、出願（基本、PCT出願）を想定する。ノウハウとしてクローズにすべき案件はあえて出願しない方針。**

基本特許 ————— 周辺特許

2022年末まで

2024年以降実用化を目処に周辺特許を固める

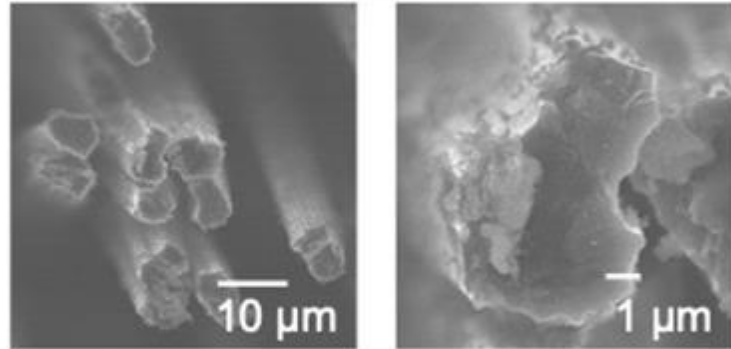
- **炭素繊維開発の先進国である日本としてプレゼンスはアピールすべき！！国内外にむけプレスリリース、展示会、誌上等で対外的な成果発信を積極的に実施する。**

1. 国内学会行事，海外国際会議での口頭発表
2. 国内外の展示会イベントでの出展
3. 大学及びNEDOのプレスリリース
4. 雑誌報告

3. 研究開発成果について

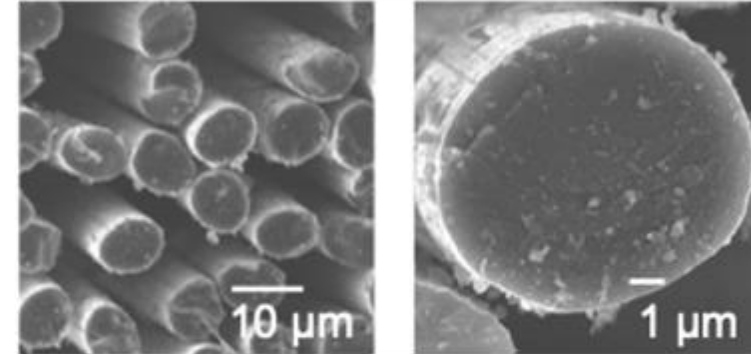
- 進捗状況、目標達成に向けたアプローチ

東海国立大学機構



2021年6月
平均強度: 0.8GPa
平均弾性率:100GPa

改善



2022年3月
平均強度: 1.8GPa
平均弾性率:182GPa

九州大学

- 引張強度1.5 Gpa、ヤング率53 Gpa、伸度2.8%の等方性炭素繊維を製造することに成功した! (しなやかなかつて無い炭素繊維を製造)
- 引張強度2.3 Gpa、ヤング率170 Gpa、伸度1.3%の等方性炭素繊維を製造することに成功した! (目標物性値達成)

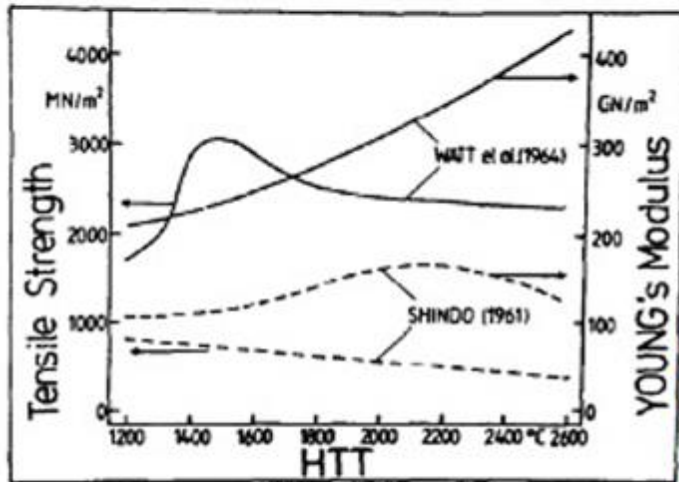
3. 研究開発成果について

- 進捗状況、目標達成に向けたアプローチ

東海国立大学機構と九大の共通課題

共通課題：スケールアップと最適製造条件の探求による物性の最大化

過去の歴史 (PAN系CF)



E. Fitzer, Carbon, v72, n5, 621-645 (1989)

PAN系炭素繊維の開発の歴史：3年で我々の中間目標値1から中間目標値2を達成（連続パイロットスケールで高張力付与（高配向の実現）の下で製造条件の最適化を実施）。我々はこれを2年で達成する！

本PJでの2021年度までの開発設備



少量スケールでの試作

小規模ラインにおける繊維紡糸

縦型炭素化炉

メリット→前駆体の選別に最適（少量検討可能）
デメリット→張力の限界がある

本PJでの準備状況

2022年度からの開発設備（試運転実施済）



九大のマルチ溶融紡糸ライン

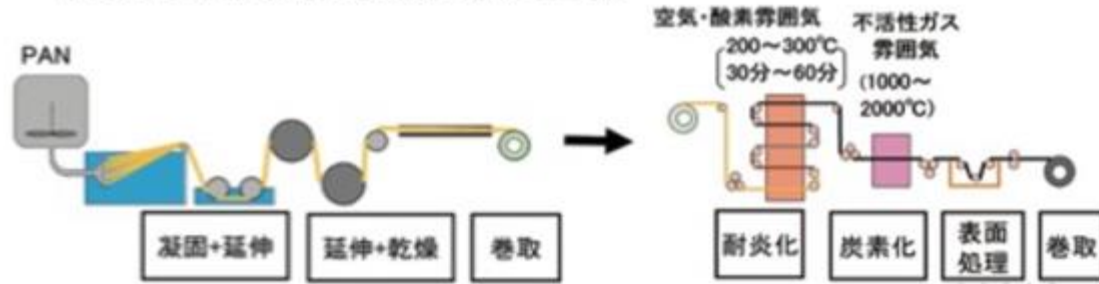
東海国立大学機構のマルチ湿式紡糸と連続焼成ライン

大幅な性能upが期待される！！

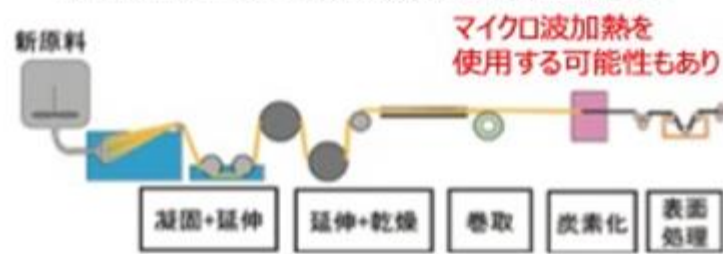
3. 研究開発成果について

- 研究開発の成果と意義

○コストの明確化 私たちの特徴は前駆体にあります！
従来のPAN系炭素繊維製造工程



革新法における炭素繊維製造工程



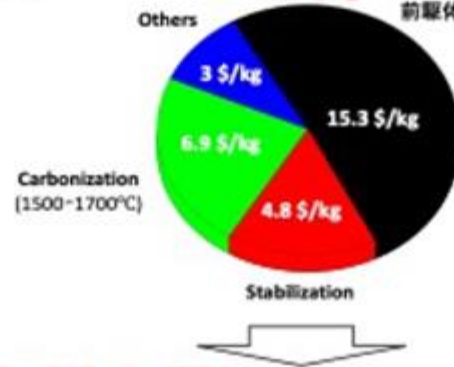
東海国立大学機構

⇒ 14.2\$/kg (従来設備利用・耐炎化不要)

- +α ⇒
- ・ラージトウ化が可能 (PANより可能性大)
 - ・太直径化
 - ・マイクロ波焼成向き (低エネルギー)

ポテンシャルを示したのち、CFメーカーと正確なコストは試算

(b) PAN系炭素繊維の製造コスト (30 \$/kg)



九州大学



圧倒的な原料コストと高炭素化収率 (80%以上)

3. 研究開発成果について

- 特許や論文、学会発表、広報等の取り組み

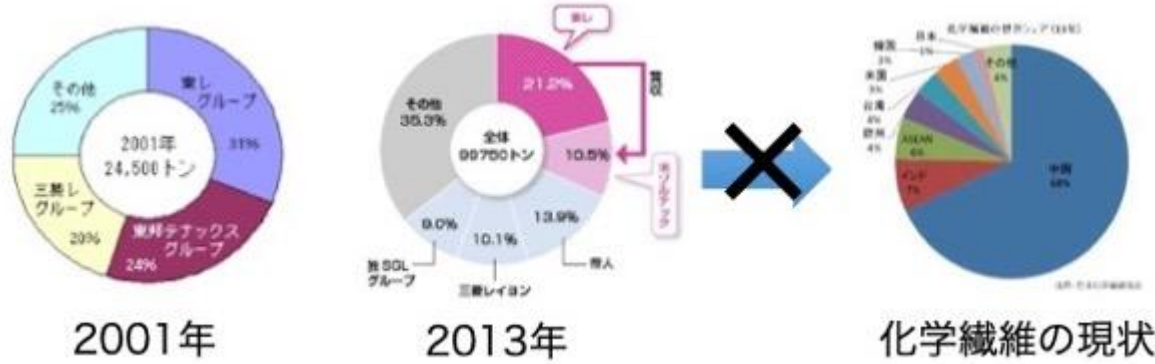
• **学会発表：3件**

• **学会等イベント 招待講演：3件**

• **プレスリリース：1件（2022年7月19日）**

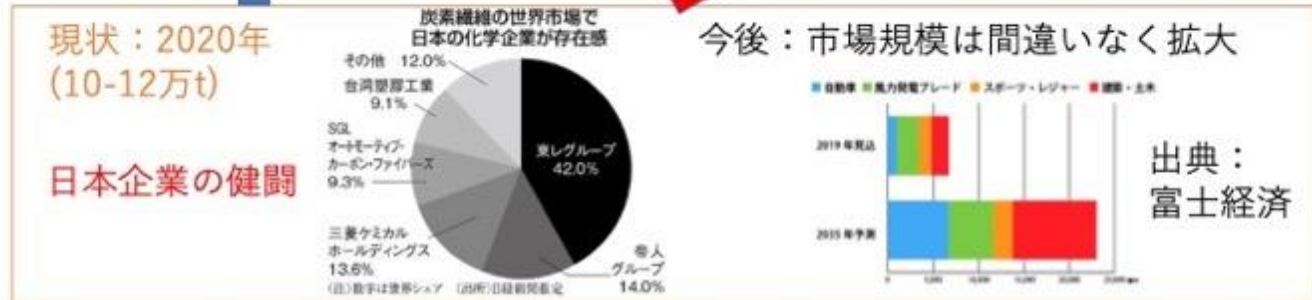
4. 今後の見通しについて

- 実用化・事業化に対する今後の課題と対応方針



1. いつ誰が事業化する？
2. 応用面（CFRP化）との連携
3. 環境配慮（脱炭素の加速）

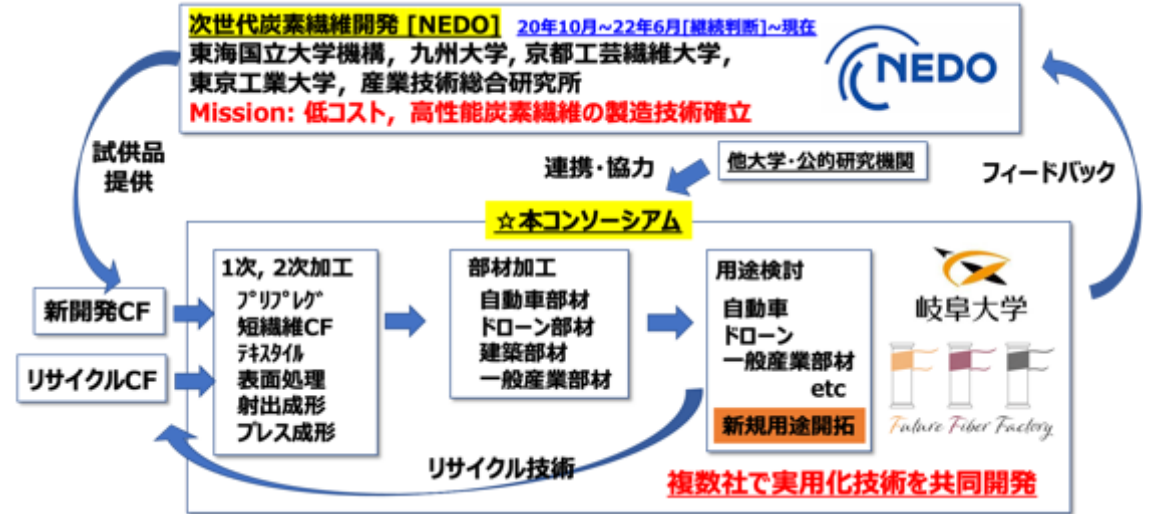
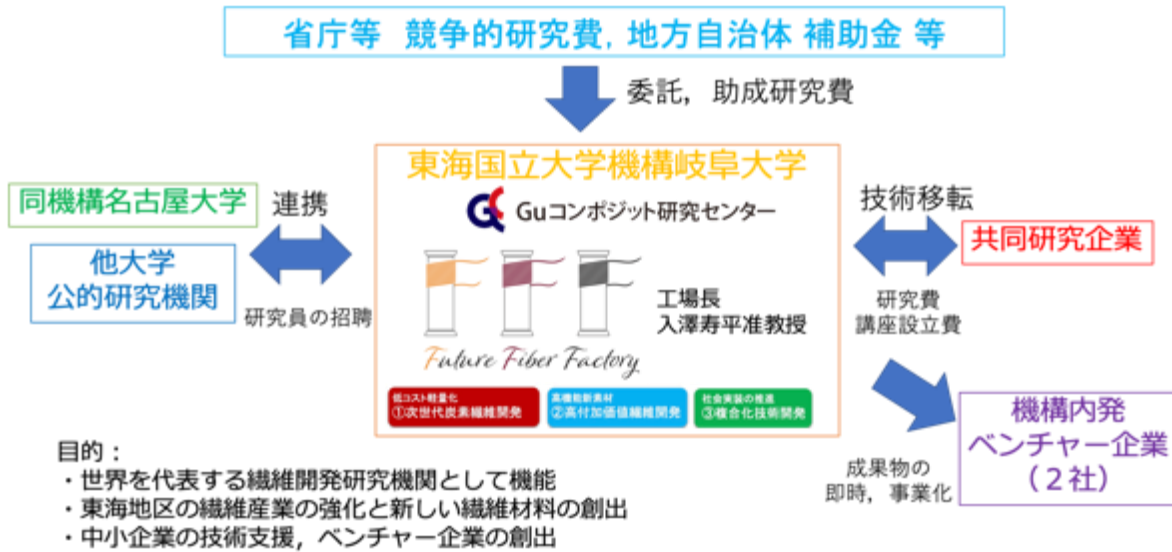
CF業界の現状と、2040年の成り行きの姿と、あるべき姿



4. 今後の見通しについて

- 実用化・事業化のイメージ（成果がどのように使われるか）
- 実用化・事業化に向けた具体的な取り組み（計画や戦略等）

2022年7月19日プレスリリース



1. いつ誰が事業化する？
2. 応用面（CFRP化）との連携

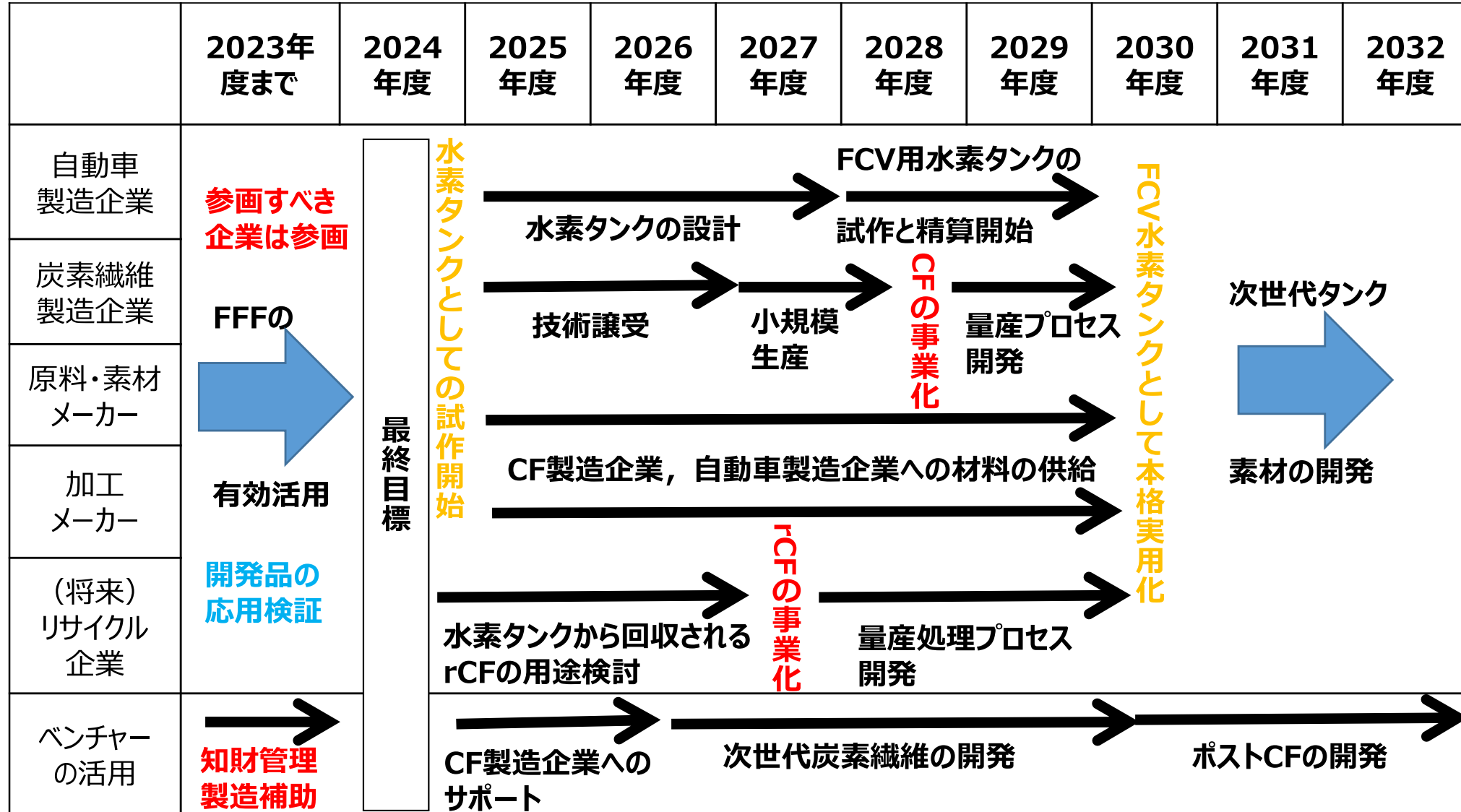


関心表明書提出企業との共同開発体制は構築済み！！

（学内発ベンチャーの利用の可能性もあり）

4. 今後の見通しについて

- 実用化・事業化のイメージ（成果がどのように使われるか）
- 実用化・事業化に向けた具体的な取り組み（計画や戦略等）



4. 今後の見通しについて

- その他、顕著な経済・技術・社会的な効果、人材育成の取り組み等

リサイクル技術(他プロジェクトで実施中)



リサイクル炭素繊維

本研究の直接経済効果

FCVの普及に貢献

2030年CF予想使用量: 0.4万t/年

HONDA「クラリティ」 TOYOTA「ミライ」

低コスト炭素繊維開発

本研究の環境への効果

- 水素社会の実現
- 座礁資源の有効活用
- 生産エネルギーの低減
- CO₂の大幅削減

経済的効果

最低でも2030年に1万t/年の生産が見込まれる。(2020年の10%シェア相当)

参画企業に利益のメリット大

本研究の副次的経済効果

自動車・飛行機等他用途への展開

CFRP自動車シャーシ (名古屋大学NCC提供) ボーイング787

2030年CF予想使用量: 0.6万t/年以上目標

環境面への効果

多角的に環境面(LCA面)にも貢献!

LCA計算の一例: 九州大学による試算

現在座礁資源として見込まれる重質油を燃焼させることなく全て炭素繊維に転換すると仮定する。

日本国における原油の輸入量: 1兆8750億 L/年
原油から改質される重質油(座礁資源になりうる化石資源)の量: 2990億 L/年

重質油の値段: 60円/L
原油から改質される重質油の量の経済的試算: 2990億 L × 60円 = 18兆円の市場規模

重油の単位発熱量: 39.1 GJ/kL
排出係数: 0.0189 tonC/GJ
CO₂の排出量は、年間
2990億 L × 39.1 GJ/kL × 0.0189 tonC/GJ × 44/12 (C1個あたりのCO₂の量)

= 8100万 ton/年の二酸化炭素排出抑制になる

SDGs等の社会的ニーズにも対応

人材育成
国内に炭素繊維製造が可能な公的研究機関は、2機関(岐阜大、九州大)
研究者も片手で数えられるほど

入澤, 中林(委託先責任者)自身も経験を積む世代であるが、若手研究者に技術を伝授し、技術が途絶えないように、人材育成にも努めている!

