

NEDO水素・燃料電池成果報告会2022

発表No. A-5

大項目／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
中項目／水素利用等高度化先端技術開発
小項目／非FW／分割プリフォームおよび新規樹脂（REDOX硬化型樹脂）による
高圧水素タンクの革新的ハイレート製造プロセスの開発

発表者名 鵜澤 潔

団体名

学校法人金沢工業大学、国立大学法人東京農工大学
学校法人日本大学、ミズノテクニクス株式会社

発表日

2022年7月27日（水）

連絡先：

学校法人金沢工業大学・革新複合材料研究開発センター

<https://www.icc-kit.jp/>

icc-info@mlist.kanazawa-it.ac.jp

事業概要

1. 期間

開始 : 2021年9月
終了 (予定) : 2023年3月

2. 最終目標

- 2030年度以降の燃料電池システムの低コスト化、高性能化、高耐久性化に資する水素貯蔵関連技術として、
- ✓ 「非FW製の分割プリフォーム、低圧RTM成形製造プロセスとプロセスに適合する樹脂を開発」により飛躍的な生産性向上と低コスト化を実現する。
 - ✓ 分割プリフォームの一体化プロセスの成立性を数値解析及びスケールモデルタンクの耐圧試験により実証する。
 - ✓ 従来のFW法（1時間/1タンク程度）に対して、タクトタイムを約5分に短縮する。また、最適な積層設計により繊維使用量を削減、コスト低減も実現する。

3. 成果・進捗概要

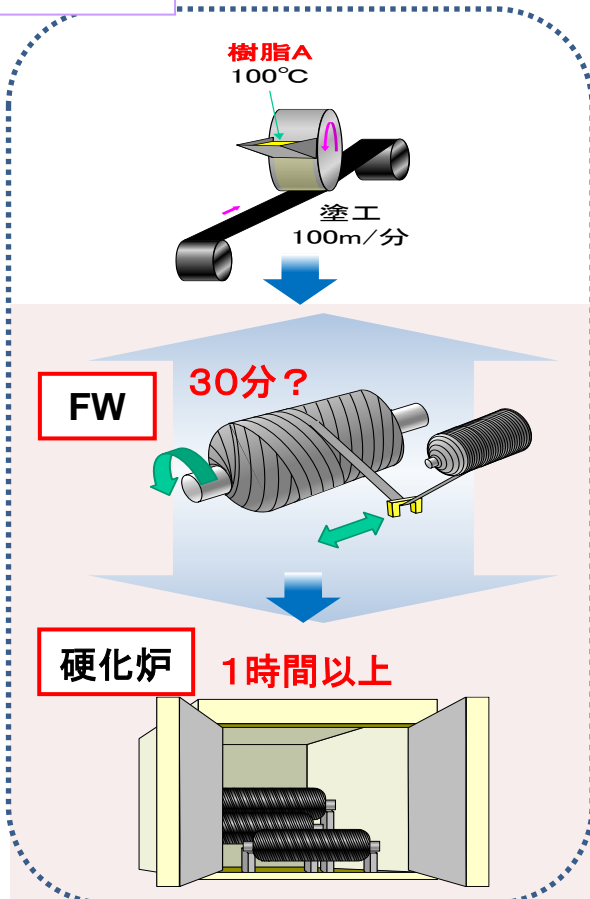
- ✓ 分割プリフォーム方式に適した構造様式を小型部分モデルタンクを対象として種々の構造解析を実施、各構造のトレードオフスタディーにより、分割構造方式による小型モデルタンクを試作。今後、破壊試験を実施する予定。
- ✓ シリンダー部/ドーム部の分割コンセプトに関して、プリフォームの製作手法を検討。シリンダー部は炭素繊維使用量が最も低減できる±55°巻き角とし試作、ドーム部はランダムシート、長繊維積層シートを加圧賦形、形状特性を評価し、作製する基本プロセスを確立。低圧RTMによる成形方法を評価する装置の開発。樹脂の流動性評価を実施中。
- ✓ REDOX硬化型樹脂は、トウプリプレグの生産性、タンクの製造サイクル5分を達成させる革新的な樹脂開発に取り組んでおり、2022年度中には完成する予定。トウプリプレグの製造に関して、REDOX硬化型樹脂の開発と並行して、将来的な製造ラインの検討を進めている。

1. 事業の位置付け・必要性

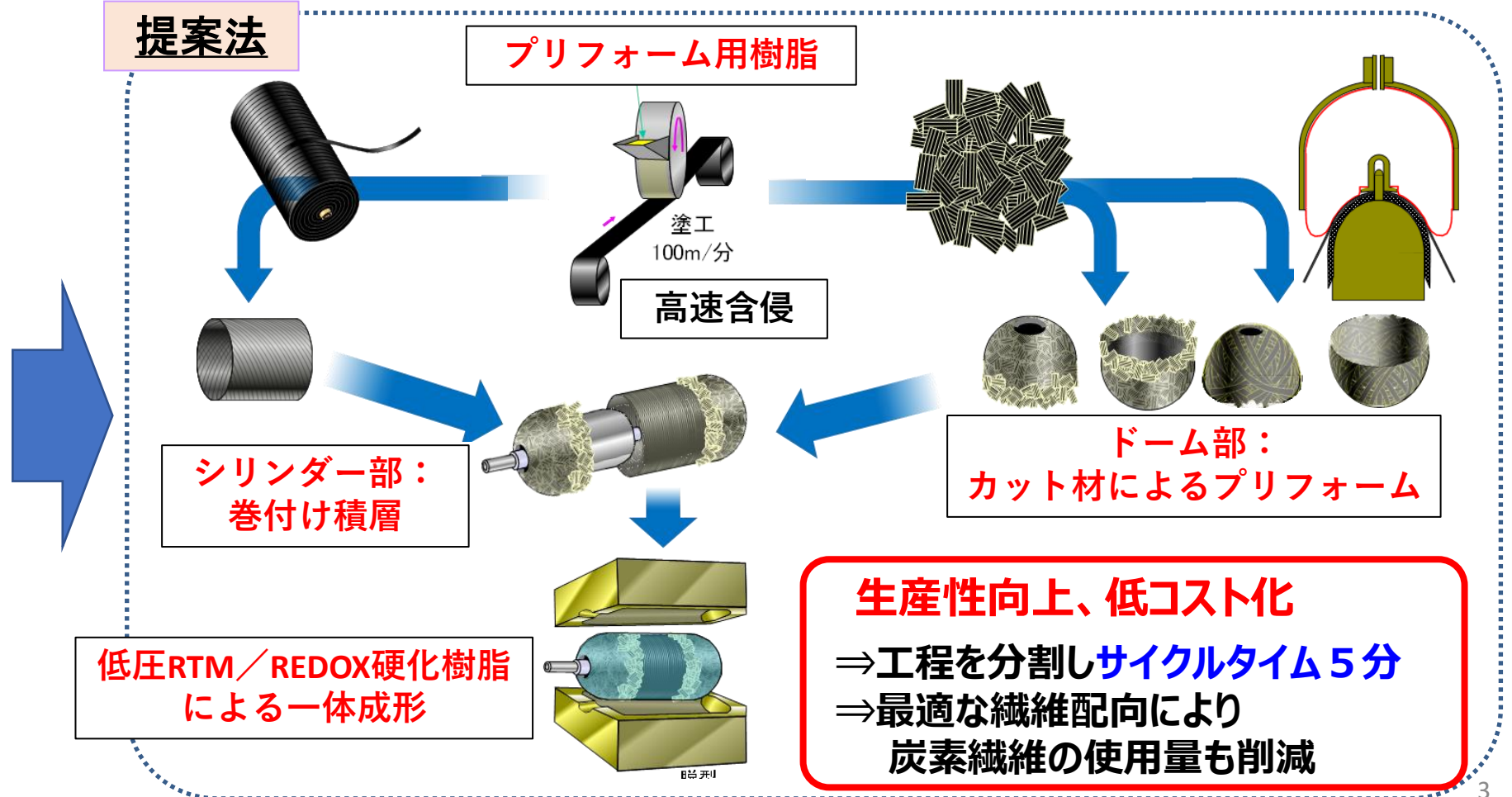
事業目的

2030年にFCVの普及台数を80万台とする産業界の目標に対し、高压水素タンクの大幅な生産性の向上及びコストの低減(2030年で30万円)を実現するための、革新的製造プロセスを開発する。

従来法



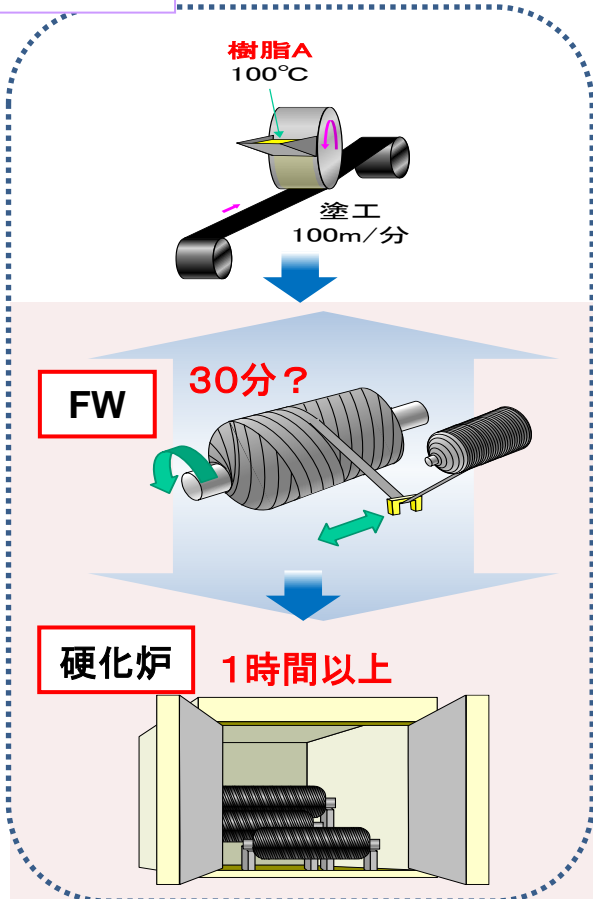
提案法



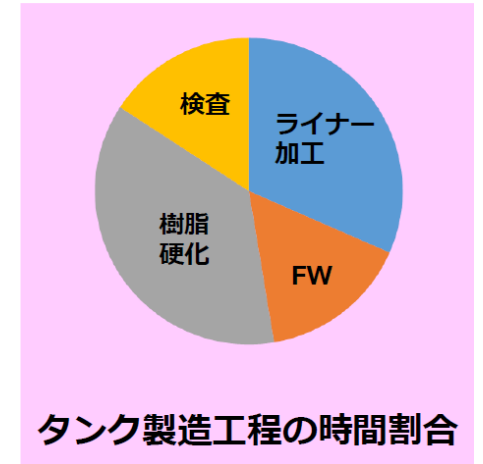
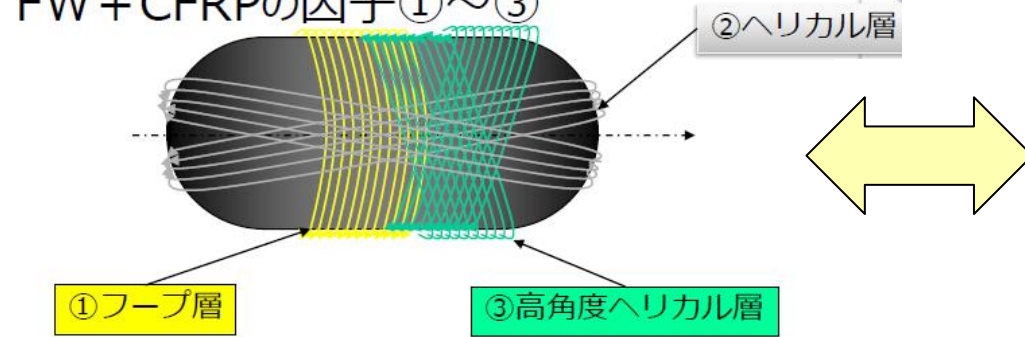
1. 事業の位置付け・必要性

FWの限界？

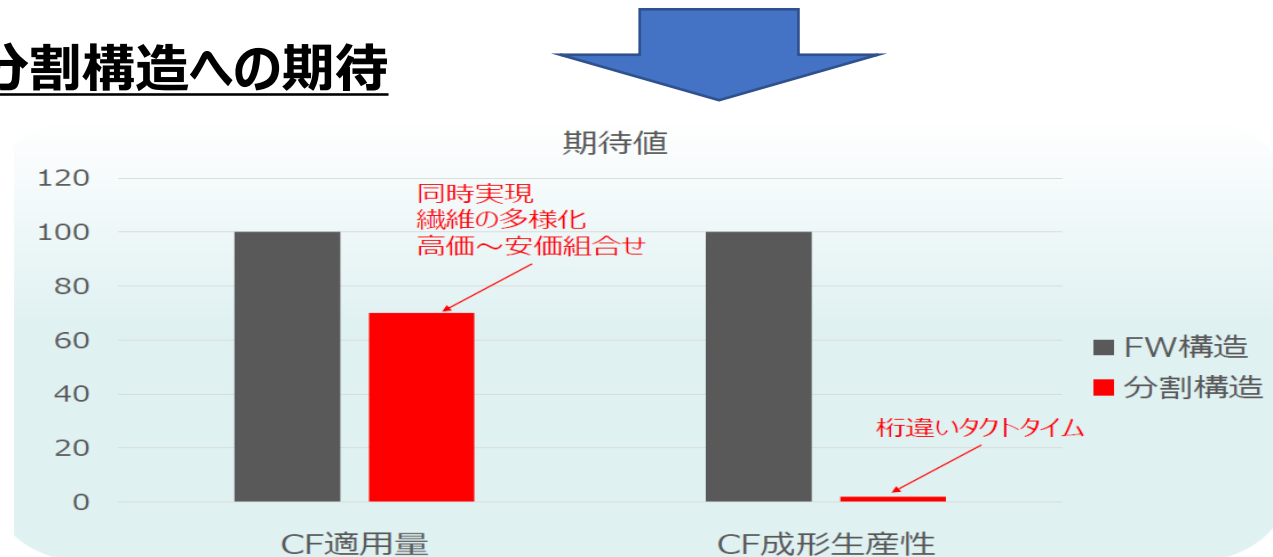
従来法



FW + CFRPの因子①～③



分割構造への期待

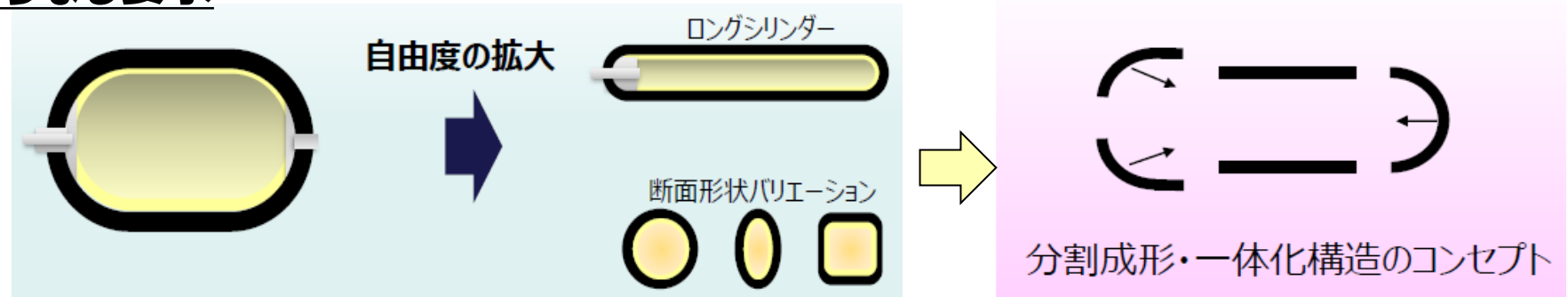


* Fc-Cubic オープンシンポジウム高見・大神氏/漆山氏資料から

1. 事業の位置付け・必要性

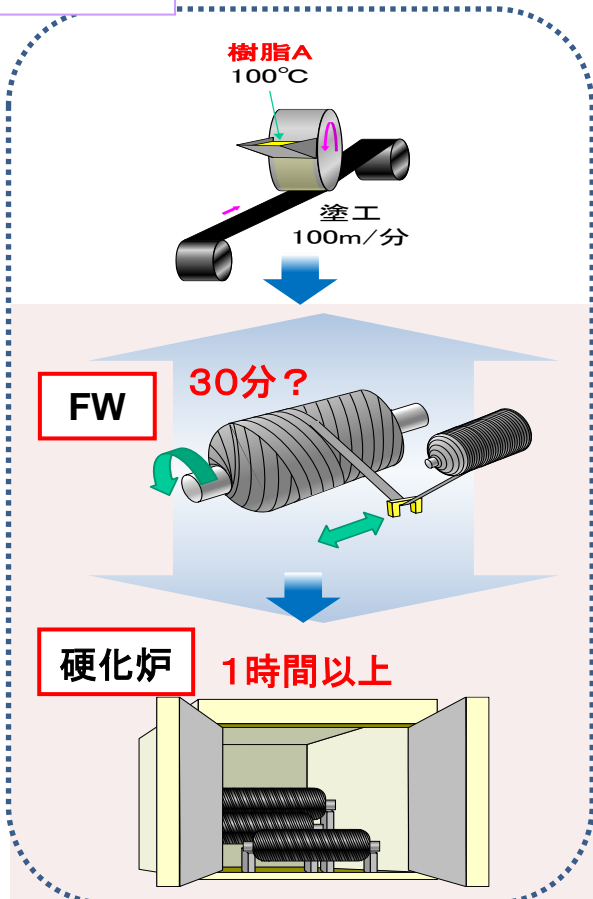
非FW／分割成形の可能性は？

さらなる要求



* Fc-Cubic オープンシンポジウム高見・大神氏／漆山氏資料から

従来法



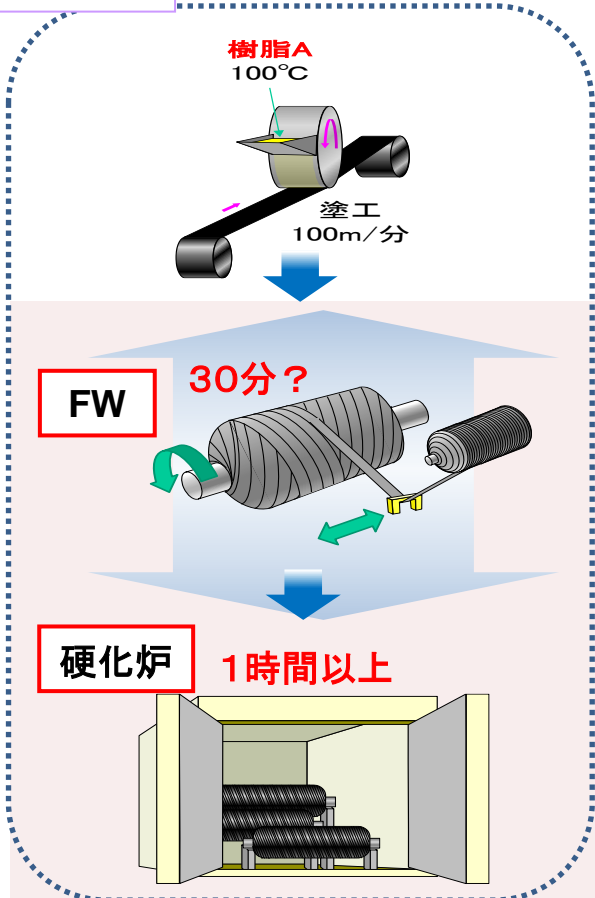
非FW ⇔ 分割成形が可能？

- 非FWにより、
 - 胴部の最適積層構造(直交積層、ヘリカル層無し)
 - ドーム部形状の最適化(肩部、口金廻り) → 立体形状に適した材料の余地 (不連続材料も)
- マンドレル／ライナーの選択肢が多い
- タンクの細径化に高い適合性
 - ヘリカル層無し
 - 胴部／ドーム部間のなめらかな形状に対する体積減少の影響小
 - ドーム部の冗長化(厚肉化)の影響小 → 接合／接着が期待できる？
 - 分割部の継手荷重の低減

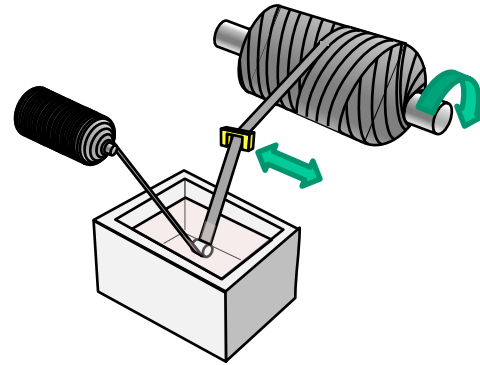
1. 事業の位置付け・必要性

ハイサイクル成形の可能性は？

従来法



FW(樹脂バス)



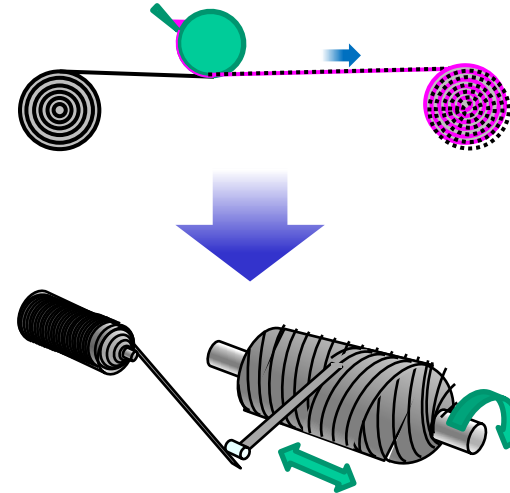
成形サイクル

長い

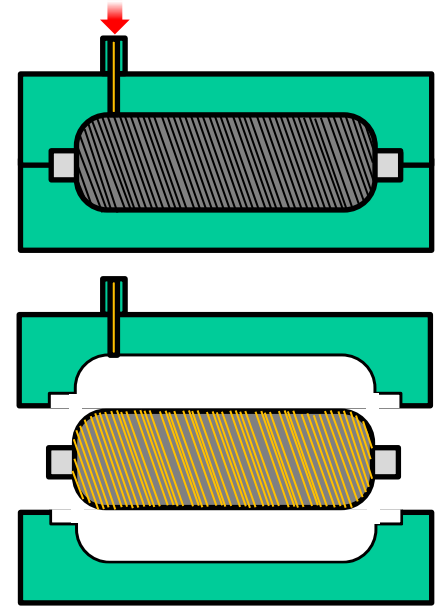
課題

・FW速度の限界

FW(プリプレグ)



RTM(ドライCF)



短い

(最短15分程度は可能)

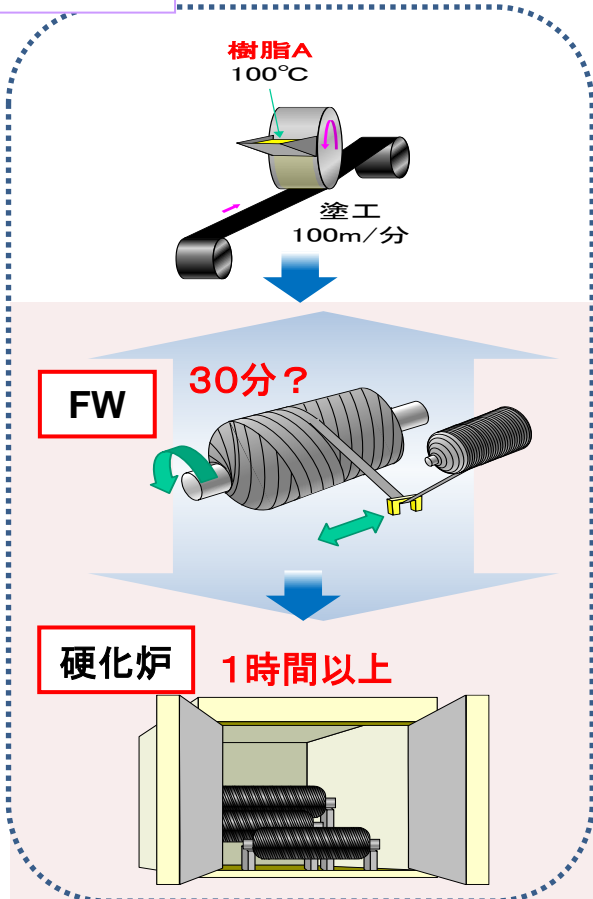
- ・ 高圧樹脂注入機
- ・ ボイドレス成形

・ 樹脂硬化時間

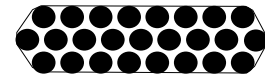
1. 事業の位置付け・必要性

ハイサイクル成形の可能性は？

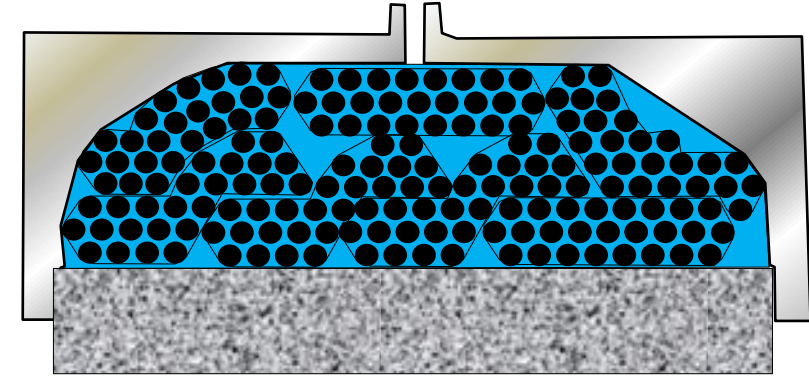
従来法



従来のHP-RTM

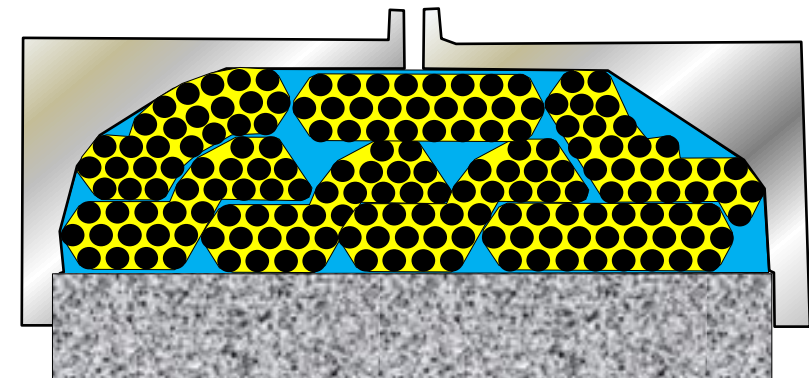
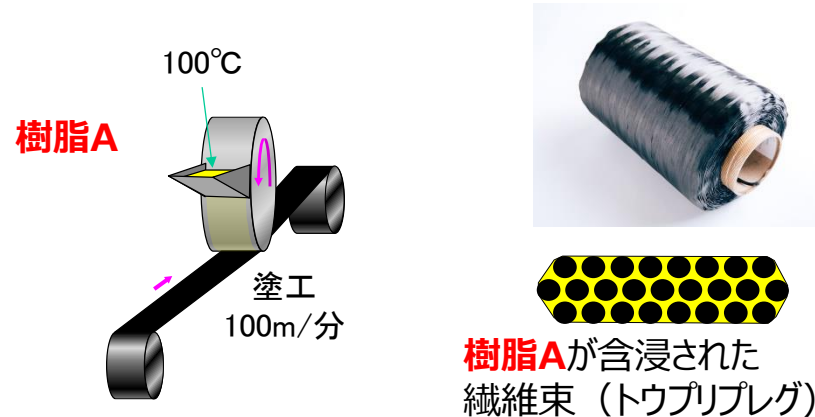


樹脂の含浸されていない
繊維束



繊維束の中と隙間全体に含浸が必要

2段階含浸による低圧RTM

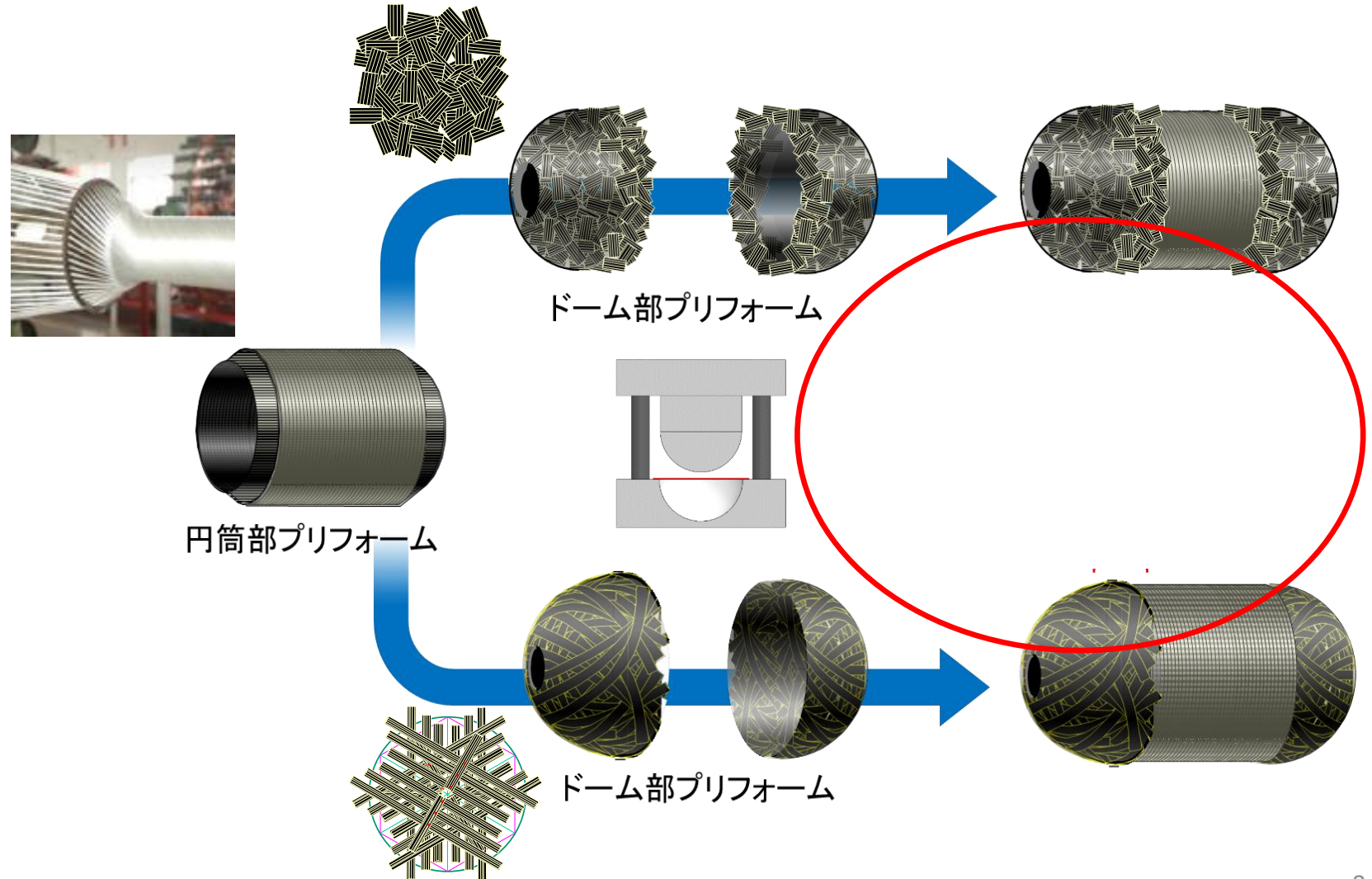
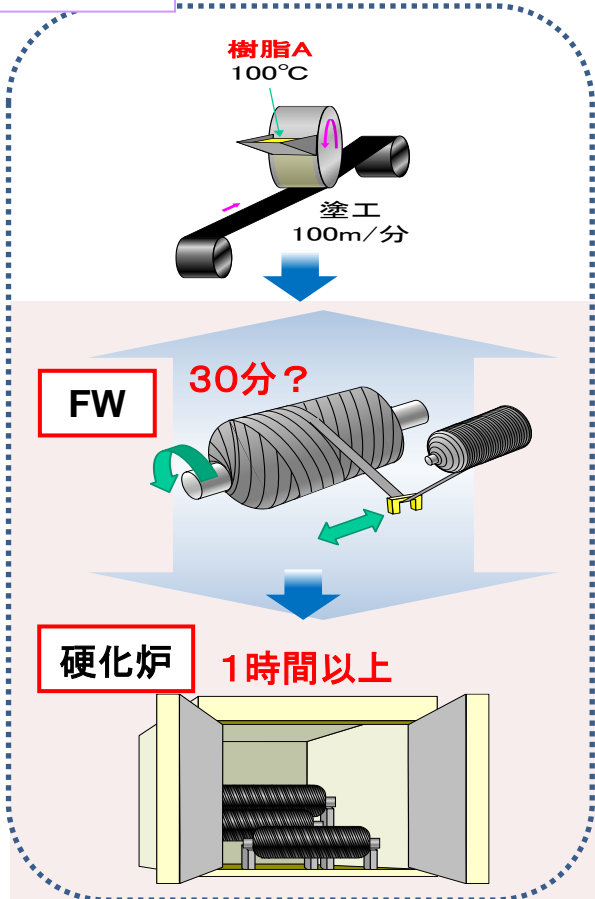


繊維束 (トウプリプレグ) の隙間のみ樹脂Bを含浸
⇒ 低圧で短時間の含浸が可能
⇒ **注入、硬化が3分で完了**

1. 事業の位置付け・必要性

ハイサイクル成形+分割構造の可能性は？

従来法

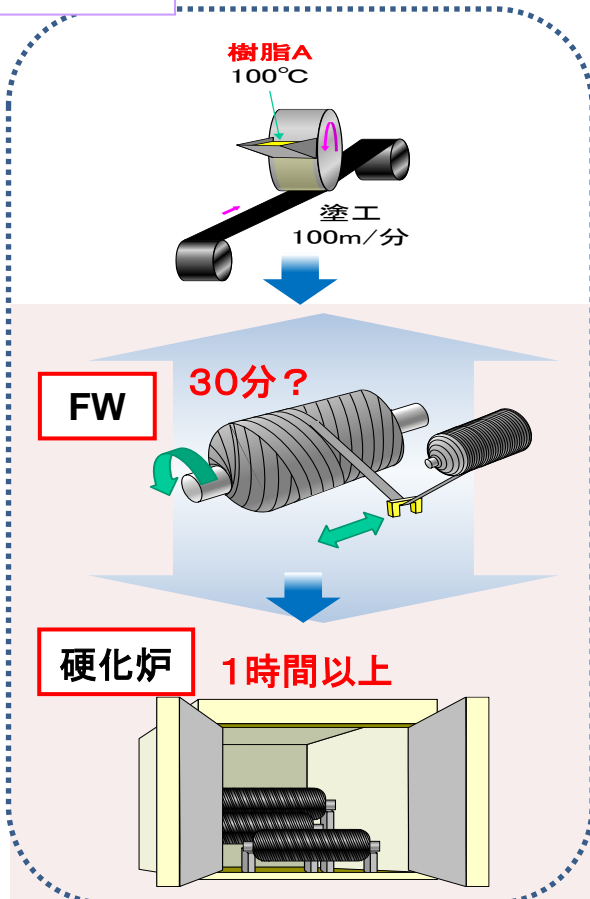


1. 事業の位置付け・必要性

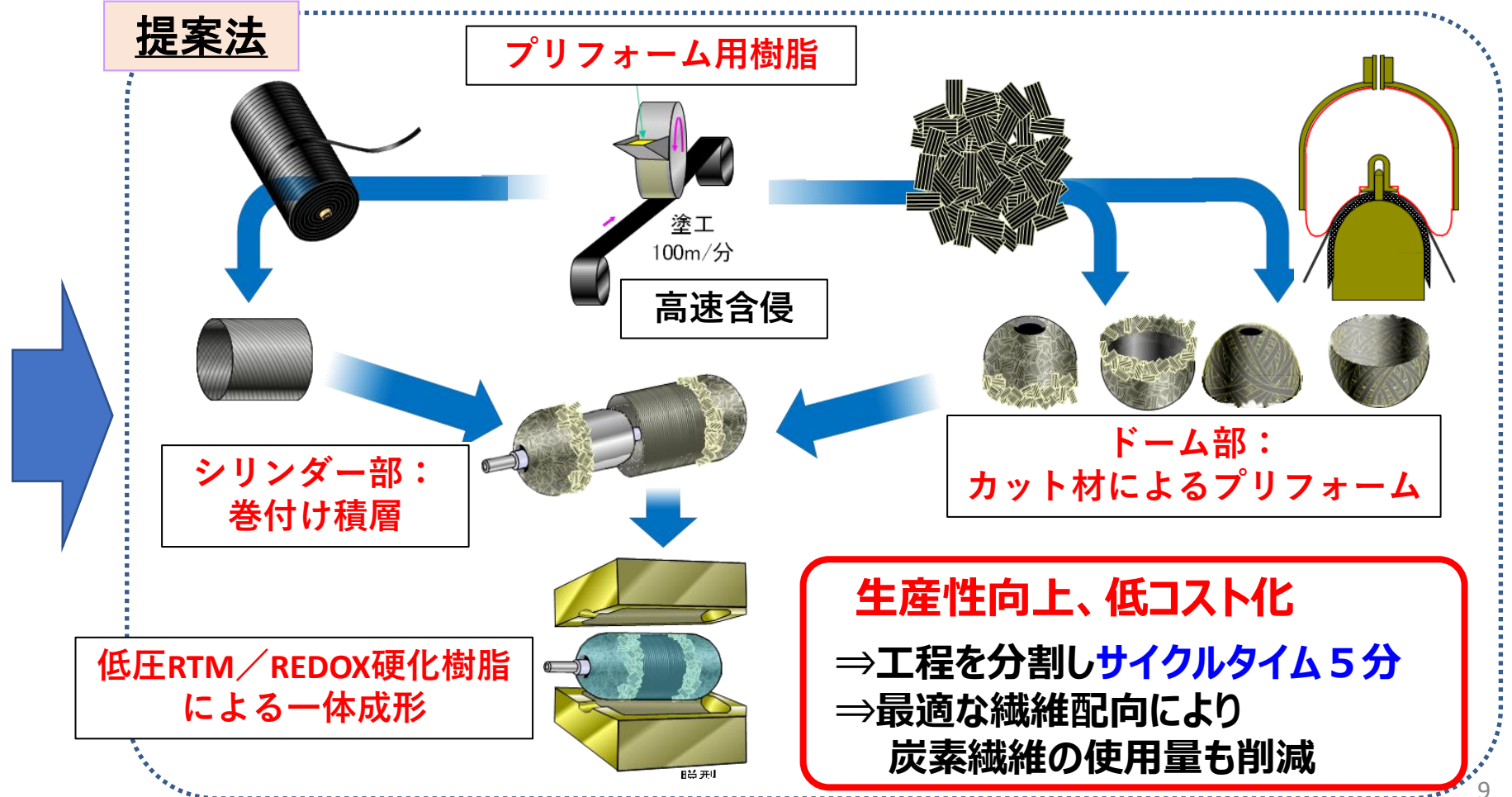
事業目的

2030年にFCVの普及台数を80万台とする産業界の目標に対し、高压水素タンクの大幅な生産性の向上及びコストの低減(2030年で30万円)を実現するための、革新的製造プロセスを開発する。

従来法



提案法



○最終目標

2030年にFCVの普及台数を80万台とする産業界の目標に対し、
高圧水素タンクの大幅な生産性の向上及びコストの低減（2030年で30万円）を実現するための、
革新的製造プロセスを開発する。

- ✓ 工程を分割することでサイクルタイム 5分を達成
- ✓ 最適な繊維配向により炭素繊維の使用量を削減

○最終目標の達成に向けた考え方

- ✓ シリンダ部/ドーム部の分割コンセプトの最適設計が可（ヘリカル巻を考慮しない最適ドーム形状が可能）
- ✓ 分割コンセプトとその製造プロセスにより高い接合部強度が実現（着接合では無く、一体成形により）



一体製造プロセスよりもCF使用量を削減可

- ✓ 開発される新規樹脂を分割コンセプトの製造プロセスに適用（高速RTMと高速硬化が可能）

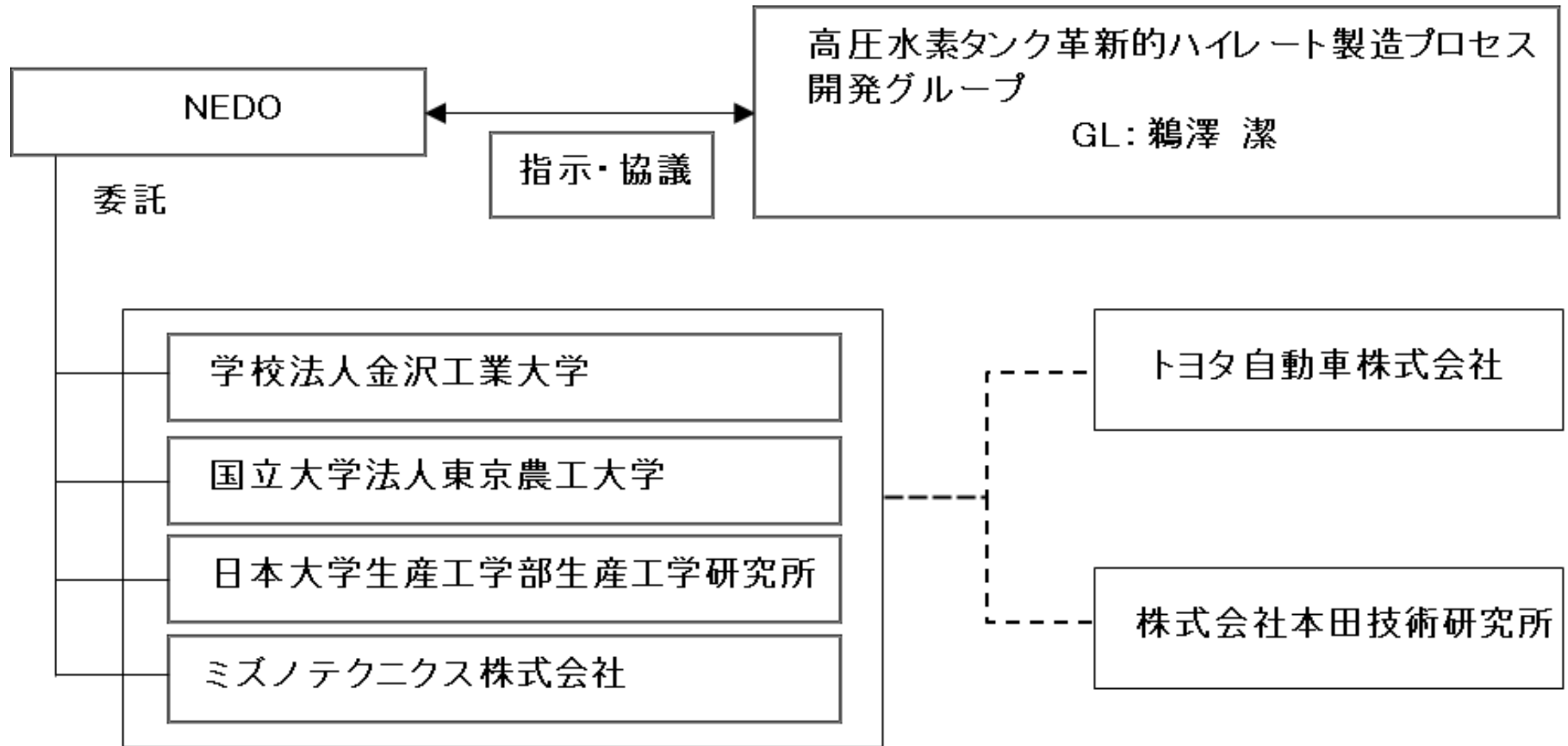


製造サイクルタイム5分が達成出来る。

2. 研究開発マネジメントについて

項目	2021年度				2022年度				2023年度	2024年度
	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期		
①非FW／分割プリフォームによる高圧容器構造設計手法の開発		構造設計（1）		構造設計（2）	構造設計（2）		実タンクFEM解析		実証用スケールモデルタンク解析	
			試作・評価（1）		試作・評価（2）					
②低圧RTM(分割プリフォーム、2段階含浸)による高圧容器の超ハイサイクル製造技術の開発		平板金型での評価		製造技術開発・試作	製造技術開発・試作		評価		製造方法確立 ハイサイクル製造 技術開発	
		低圧RTM成形実証								
③REDOX 硬化型樹脂とRTM 工程によるコンポジット材料の開発		REDOX樹脂開発				REDOX樹脂評価 (反応機構、物性等)		成形品評価		
		トウプレグ開発、製造装置検討・試作				トウプレグ評価		高速生産装置検討		
連携活動	Web会議（毎月），合同検討会（毎四半期），各チーム会議（適宜）									
知財委員会				▽		▽		▽	▽	▽

2. 研究開発マネジメントについて



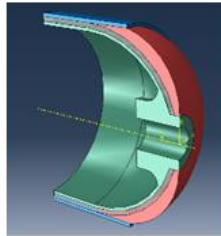
2. 研究開発マネジメントについて

役割分担

分担研究所

東京農工大学 小金井キャンパス

- ①非FW/分割プリフォームによる
高压容器構造の開発



解析・設計技術



材料評価技術

分担研究所

ミズノテクニクス 養老工場

- ①②低圧RTMによる高压容
器の超ハイサイクル製造
技術の開発
(トウプリプレグ高速樹脂含
浸技術実証)



トヨタ「MIRAI」に使用するトウプリプレグ



集中研究所

金沢工業大学

革新複合材料研究開発センター (ICC)

研究統括

- ② 低圧RTMによる高压容
器の超ハイサイクル製造
技術の開発
- ③ REDOX硬化型樹脂とRTM
プロセスによるコンポ
ジット材料の開発



HP-RT装置



各種試験機



X-線CT



樹脂合成装置



樹脂混練装置

分担研究所

日本大学 津田沼キャンパス

- ①非FW/分割プリフォームによる高压
容器構造の開発
- ②低圧RTMによる高压容
器の超ハイ
サイクル製造技術の開発
- ③REDOX硬化型樹脂とRTM
プロセス
によるコンポジット材料の開発



FW装置



VaRTM装置

3. 研究開発成果について

① 非FW／分割プリフォームによる高圧容器構造設計手法の開発

目標：

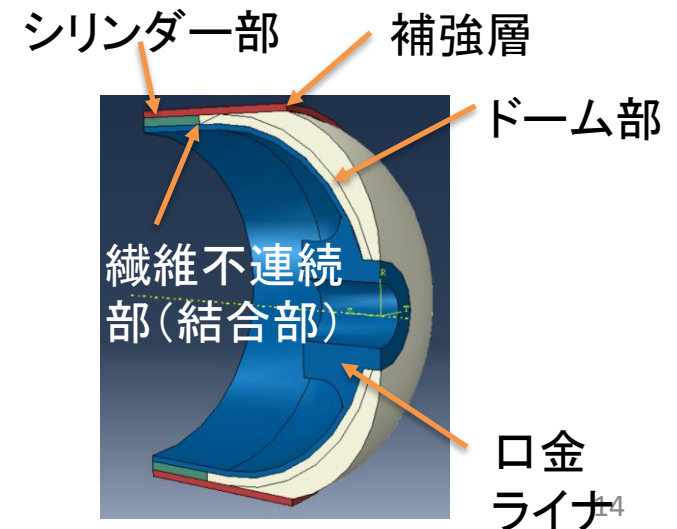
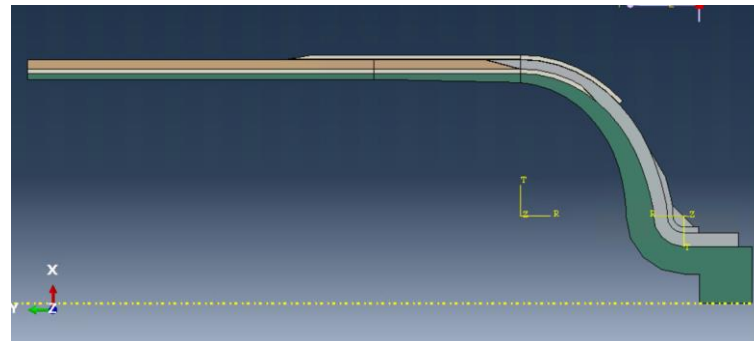
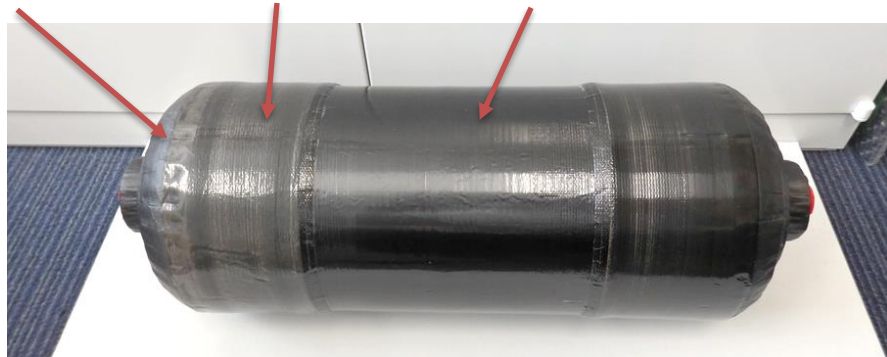
小型部分モデルタンクおよび小型モデルタンクの評価によって、分割プリフォーム構造方式タンクの構造解析手法の妥当性が±20%の精度で実験的に検証されていること。

進捗状況：

- FEAによる分割構造タンクの応力解析を行い、分割構造タンクの基本仕様について検討
→ ドーム/シリンダ結合部でのせん断応力低減に関するアイデアについて特許出願準備中
- 分割成形型圧力容器の破裂試験結果に関する公開されている研究例が調査した範囲では皆無であることから、技術課題を早期に抽出するため、模擬圧力容器（モデルタンク）による破裂試験を実施。

模擬圧力容器（モデルタンク）

ドーム部 接合部補強層 シリンダー部



3. 研究開発成果について

② 低圧RTM(分割プリフォーム、2段階含浸)による高圧容器の超ハイサイクル製造技術の開発

(1) 小型モデルタンクの製造と耐圧試験による分割プリフォーム構造の成立性の検証

目標： 破裂圧力が20MPa以上の小型モデルタンクを試作すること。

進捗状況： 小型モデルタンク用のアルミニウム合金ライナーの選定と発注が完了。

(2) 2段階含浸方式の検証

目標： 熱硬化性樹脂あるいは熱可塑性樹脂を用いて2段階含浸方式で平板試験片を成型し、
トウサイズが樹脂の含浸特性、静的引張特性に及ぼす影響を確認すること。

進捗状況： 2段階含浸方式で一方向CFRPを成形を開始し、含浸性と引張特性を評価している。

(3) 熱可塑性円筒による組み立て方式の基礎検討

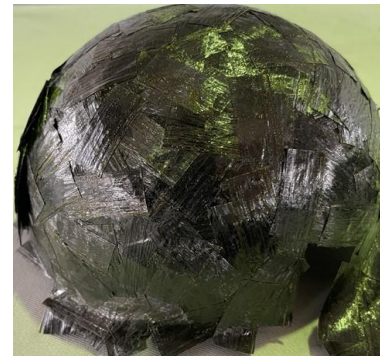
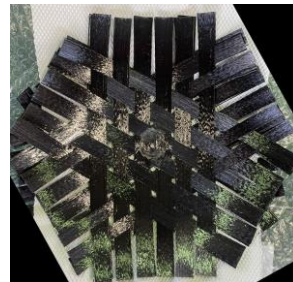
目標： 熱可塑性円筒の作製と2次加工によるドーム部との接合可能性の検証。

進捗状況： CFRTPテープを用いてシリンダー部のプリフォームの試作し、小型モデルタンク用のCFRTPシリンダーの成形を行っている。

巻き角度±55°のシリンダー部のプリフォームを試作

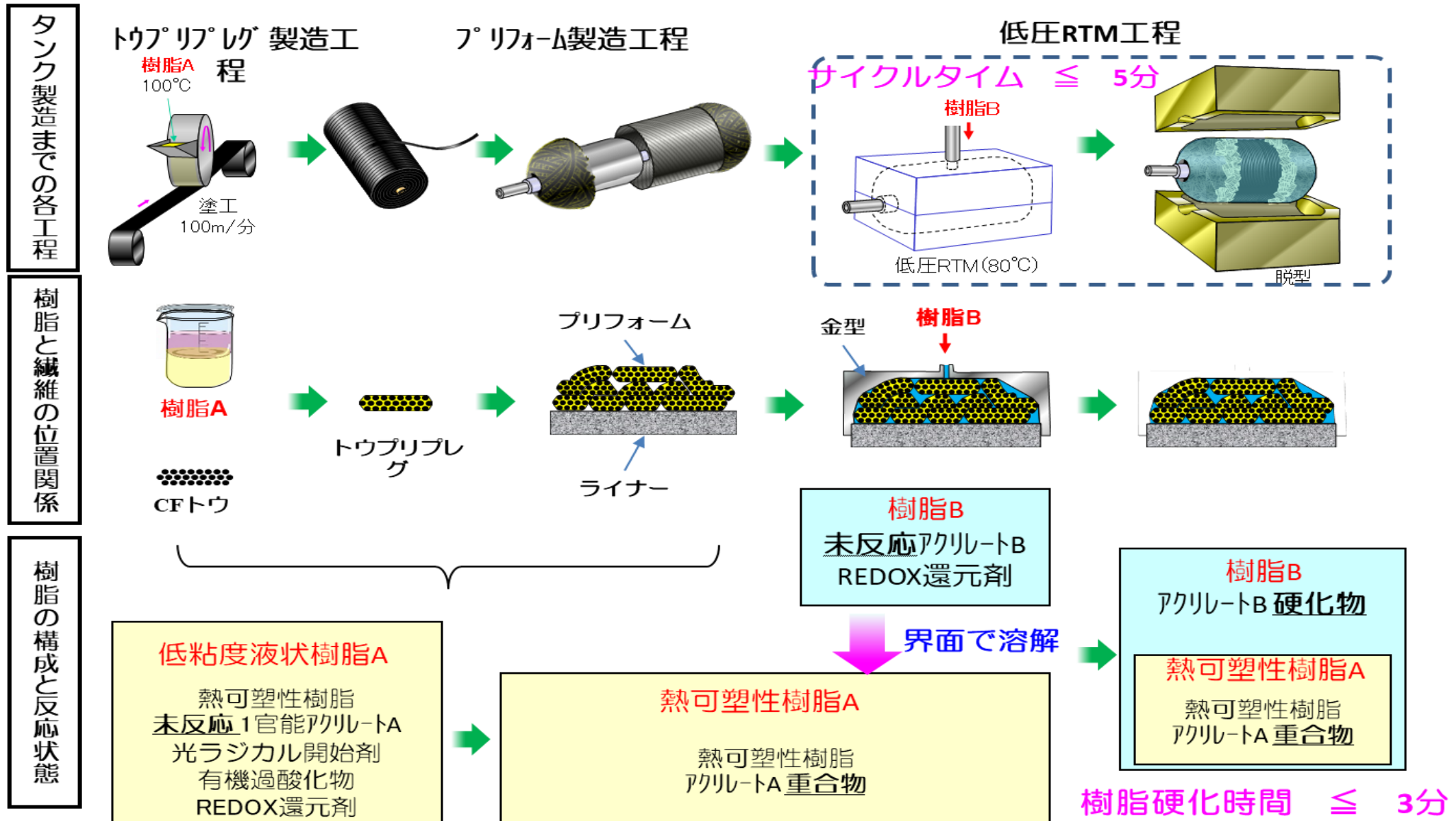


ドーム部プリフォームを試作



3. 研究開発成果について

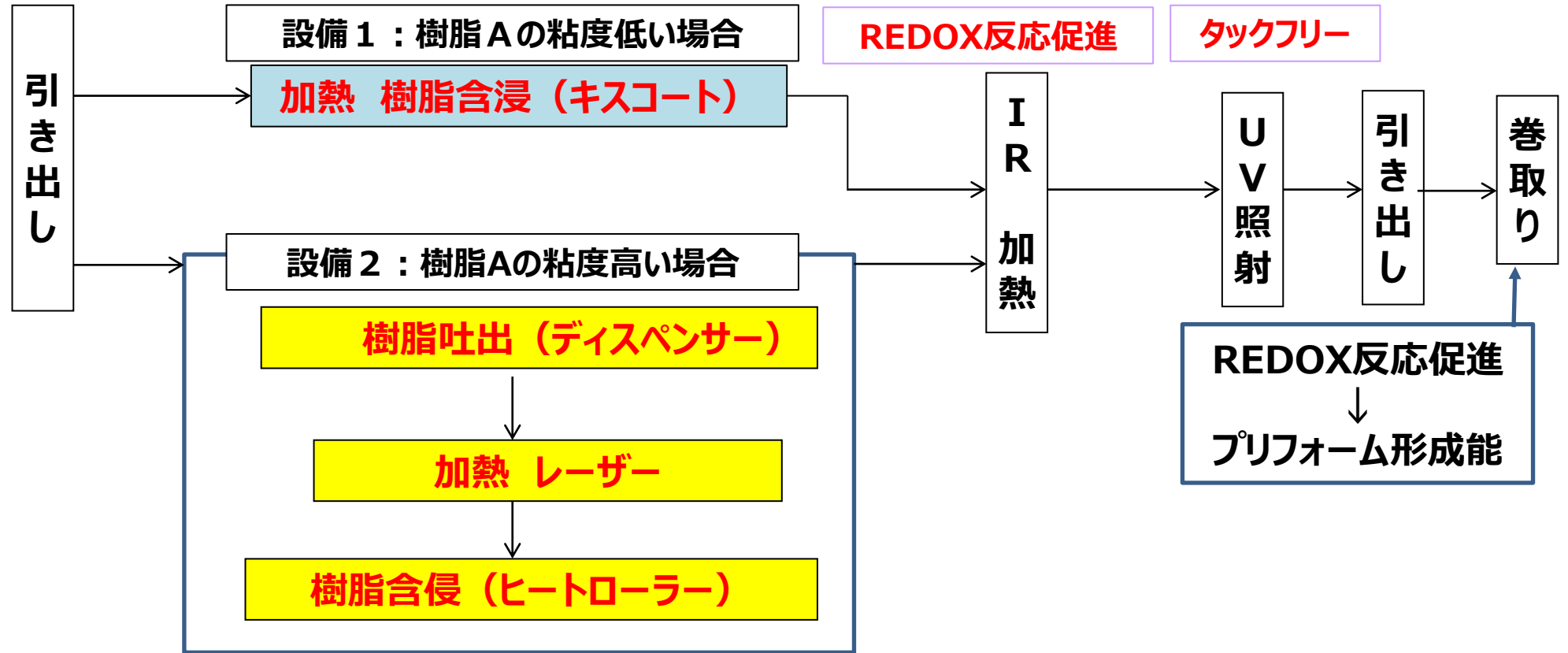
③ REDOX 硬化型樹脂とRTM プロセスによるコンジット材料の開発



3. 研究開発成果について

③ REDOX 硬化型樹脂とRTM プロセスによるコンジット材料の開発

T P P 製造装置 概念図



4. 今後の見通しについて

実用化・事業化イメージ(計画)

○事業化イメージ

- ・製品（高圧水素タンク）の製造は、製造を担う企業への特許等の実施許諾、技術移管により事業化。
- ・ミズノテクニクスは2030年度以降の燃料電池自動車用水素タンク用トウプリプレグの量産を実施。

○事業化想定時期：2030年頃

- ・水素・燃料電池戦略ロードマップに合致するよう2030年80万台（10～20万円/台）に向け量産開始。

○事業化想定機関

- ・高圧水素タンク製造は自動車OEM又はパートナー企業に成果を移管することを想定。
- ・新規開発樹脂トウプリプレグはミズノテクニクスが製造/販売を想定。

実用化・事業化に向けた課題

○研究開発の最終目標

- ・「水素・燃料電池戦略ロードマップ（2019年3月12日）」の2030年80万台（10～20万円/台）達成に対して、高圧水素タンク製造の課題となっている「生産性」と「コスト」を飛躍的に向上させる技術確立に取り組む。○成果の到達度と事業化の乖離
- ・2030年80万台（10～20万円/台）に向け量産開始に向けて、解決すべき生産性とコストのカギとなる。
- ・成果を事業化する際に想定される課題は、研究開発はミニチュアモデルで行うが、実物サイズでの検証が必要であり、量産に合わせて製造プロセス標準化が必要となる。
- ・大きなリスクはないが、実サイズの製品に応じた品質要求への対応や数量目標変更による設備の増設等、事業にインパクトを生じるリスクはある。

4. 今後の見通しについて

ユーザー企業との調整状況事業化計画

項目	フェーズ	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度	31年度	32年度	33年度	34年度
実サイズのタンクでの試作・実証・評価	開発・実証	★	★	★							
量産性の検討(設備)	設計		★	★							
工程設計	設計		★	★							
量産設備手配	設備投資・生産準備				★	★					
工程整備	生産準備				★	★					
認証取得	自動車メーカー				★	★					
量産開始	量産						★	★	★	★	★