

CNFを活用した新規事業の創造に向けて

舟橋 龍之介

MRI 株式会社三菱総合研究所

2020年9月11日

経営イノベーション本部
事業戦略グループ

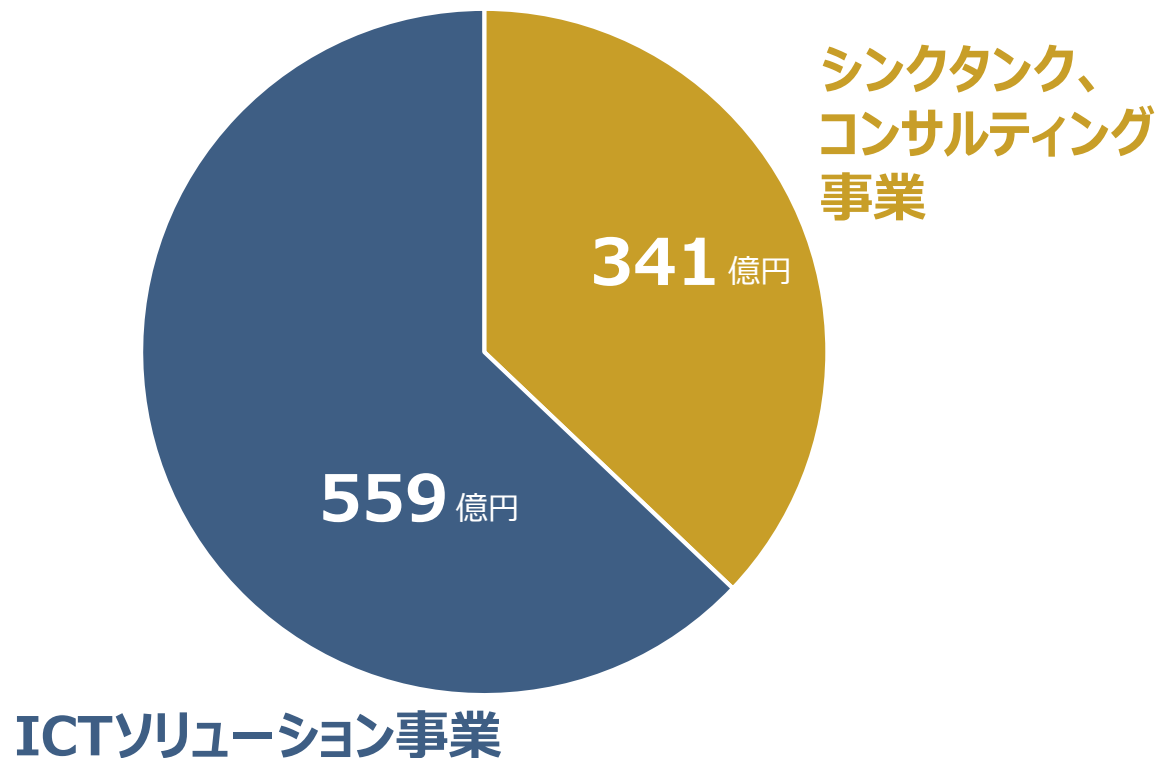
会社紹介：三菱総合研究所

社会とお客さまの課題を解決する総合シンクタンクグループ。シンクタンク・コンサルティング、ICTソリューションの専門的機能をバランスよく備え、これらの機能を組み合わせた「総合力」で付加価値の高い「Think & Act」サービスを提供

- **設立年月日**
1970年5月8日
- **資本金**
63億円
- **社員数（連結）**
4,011名
（単体930名）

売上高構成比（連結）

（2019年9月期実績）



自己紹介：舟橋 龍之介 (ryunosuke_funahashi [at] mri.co.jp) *

* 迷惑メール防止のため、@を[at]に変えております



■ 経歴

- ・ 2016年4月 株式会社三菱総合研究所入社

■ 専門分野

- ・ 新規事業戦略・産業戦略構築支援（先端技術・材料を中心に）
- ・ ベンチャー支援、大企業と中小企業の技術アライアンス支援
- ・ 自社技術の可視化・技能伝承支援

■ 講演実績

- ・ マテリアルズ・インフォマティクスの現状と将来展望（2019年、民間）
- ・ 生分解性プラスチックを取り巻く現状と今後の展望（2019年、商工会議所）

■ 寄講実績

- ・ **セルロースナノファイバーを普及させるために求められること（2018年）**
<https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20180615.html>
- ・ 生分解性プラスチックの課題と将来展望（2019年）
https://www.mri.co.jp/opinion/column/tech/tech_20190408.html
- ・ **セルロースナノファイバーを活用した新規事業の創造に向けて（2020年）**
<https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20200514-02.html>

新素材の産業展開にはとにかく時間を要する

東レの炭素繊維は**航空機の使用展開に30年以上を要した**。CNFは現在15～20年の段階。用途展開に向けては戦略的なアプローチを要する

炭素繊維の需要動向*

出所に記載されている1点目の図を参照

* 2016年1月時点の記事であり、2016年以降は推測値と思われる

出所：MONOist「モノづくりを変革する“軽くて強い”炭素繊維、課題の生産性を10倍に」, "<https://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1601/15/news047.html>"（閲覧日：2020年9月9日）

本日は話したいこと

事業戦略の観点からCNFを考える

1. 他分野・他素材でのケーススタディ
2. CNFで考える

CNF製品開発の現状と今後の可能性



事業戦略の観点からCNFを考える

1. 他分野・他素材でのケーススタディ

製品開発に向けたアプローチは3点に大別される

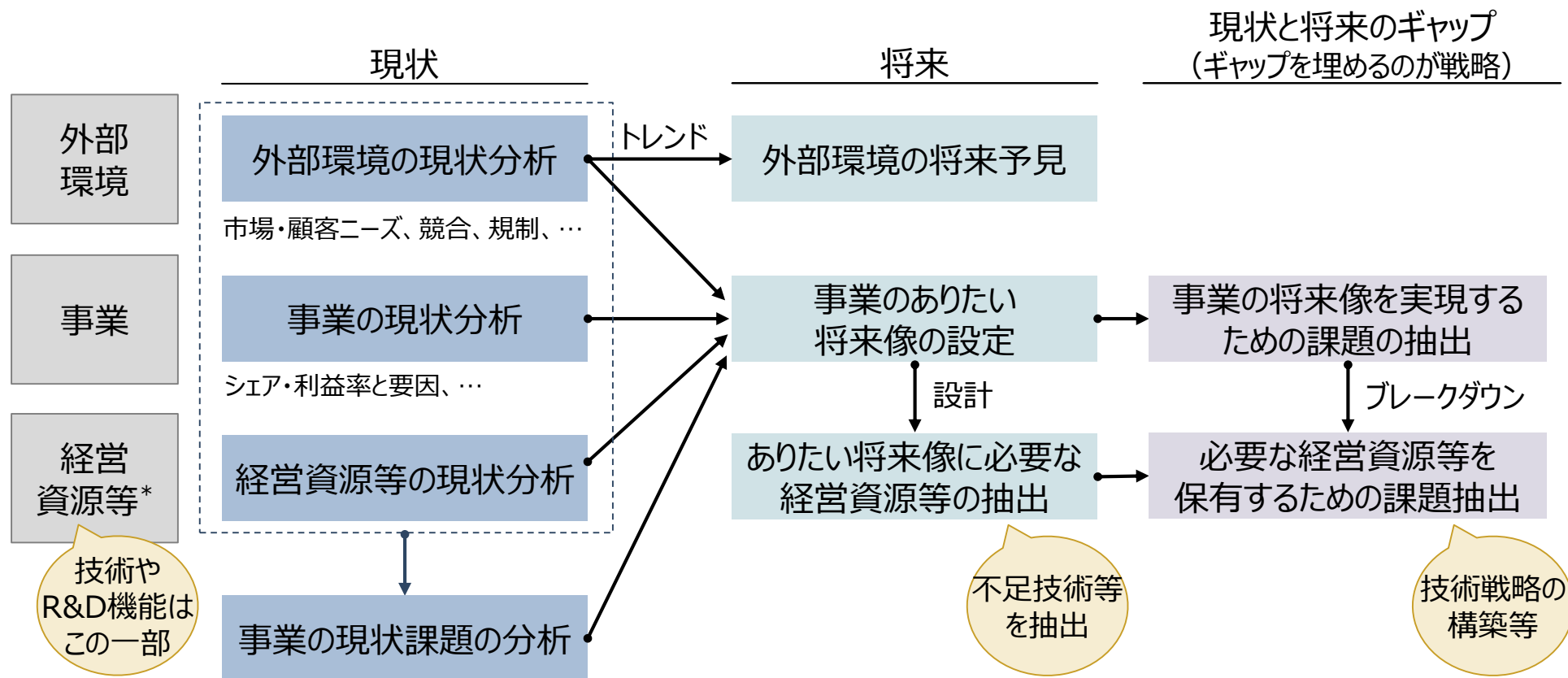
新素材ならではの用途を探索するにも潜在ニーズの把握は難しく、高性能化やコスト低減を目指すにも技術・ノウハウの積み重ねが必要となる

開発ターゲット	アプローチ例	悩み
新規製品	新素材ならではの用途を探索する (市場創造型イノベーション)	潜在ニーズの把握が困難 (どの市場？顧客は誰？)
既存製品	既存素材では実現できなかった 性能の発現を目指す (持続型イノベーション)	技術・ノウハウの積み重ねが必要 (どうやればいいのか分からない)
共通 (新規・既存製品)	製造プロセスの改良等によるコスト低減* (効率化／プロセスイノベーション)	技術・ノウハウの積み重ねが必要 (どうやればいいのか分からない)

* 量産効果もコスト低減に寄与するが、技術開発の範疇にないため割愛している

技術戦略は事業戦略から落とし込むのが基本路線

外部環境・事業・経営資源等から事業のありたい姿を描き、その実現のために必要となる経営資源等を抽出するアプローチが一般的である

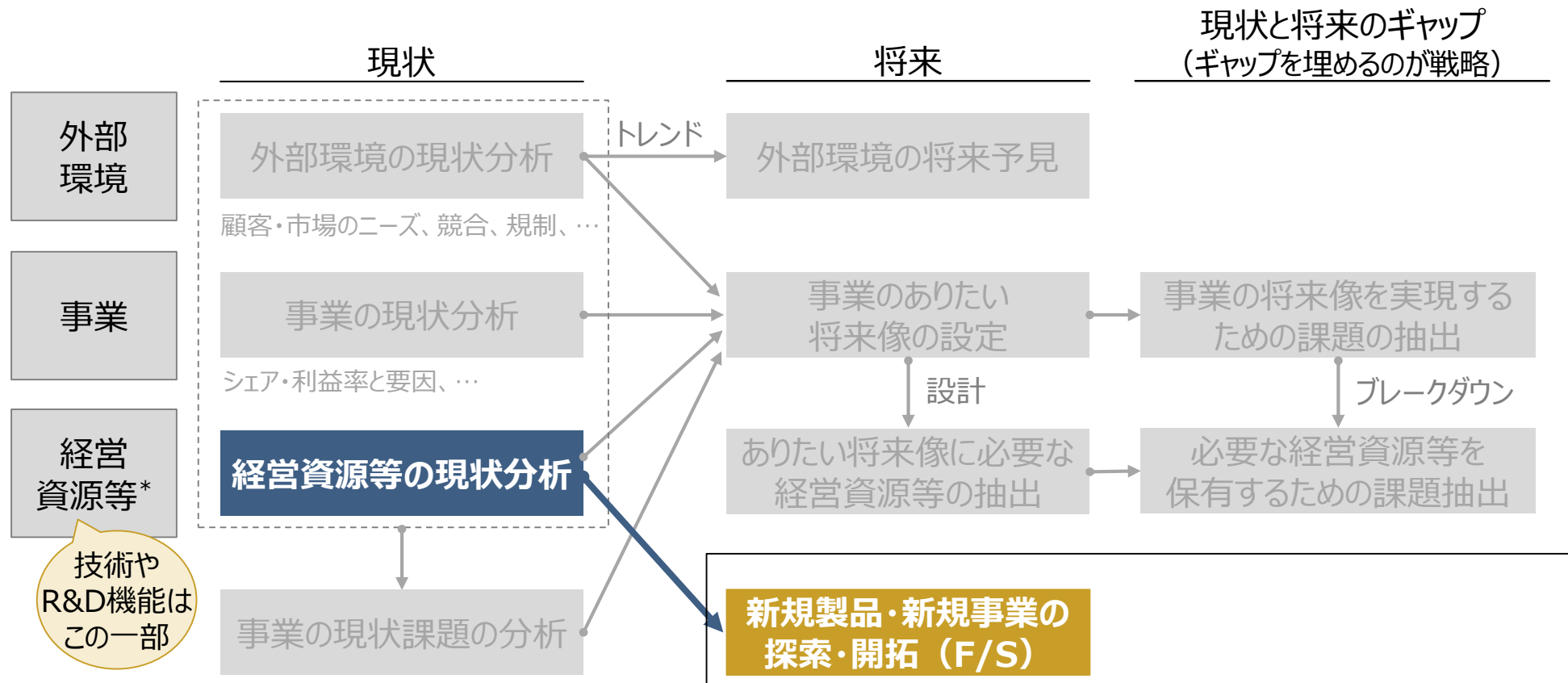


* ここでの経営資源等とは、人・モノ・金・情報・知財等の経営資源のみならず、事業マネジメントの仕組みや組織文化等、事業の競争力に影響を及ぼし、事業を支えるインフラを含む

出所：三菱総合研究所作成

新規事業のF/Sとして、技術起点のアプローチも有効

新規製品・新規事業の探索・開拓に向け、**技術等を起点として実行可能性（F/S）**を探るアプローチもある。今回はこのアプローチ法を取り上げる

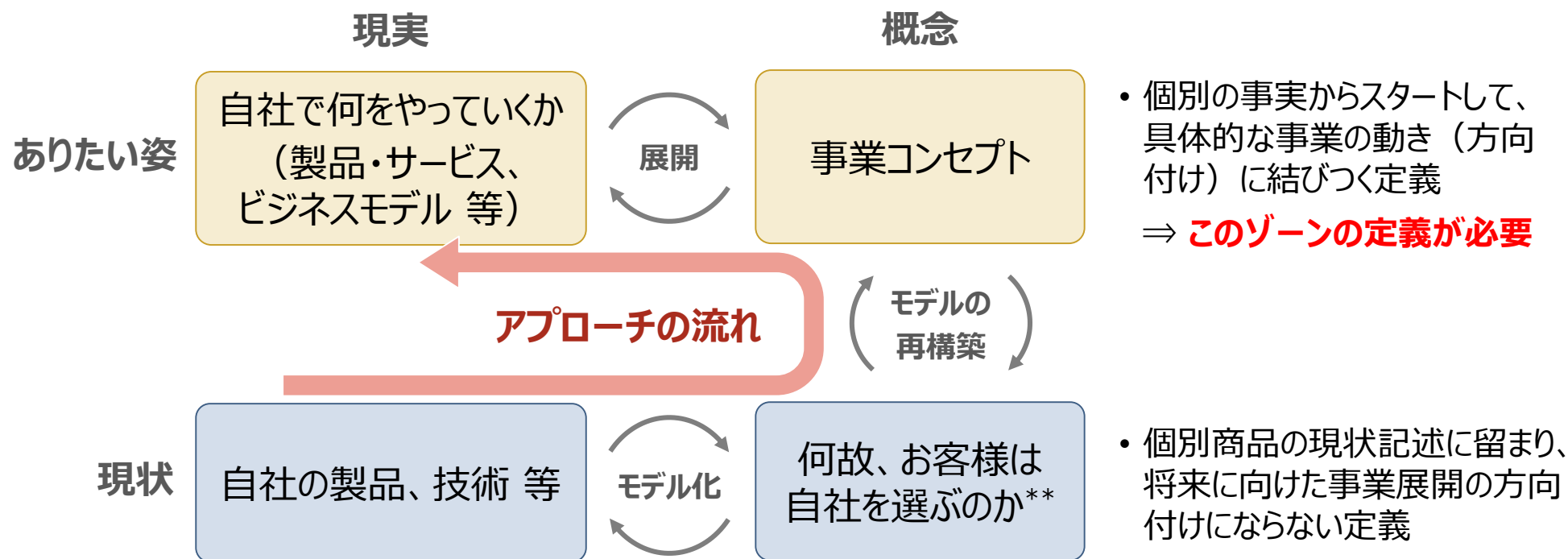


* ここでの経営資源等とは、人・モノ・金・情報・知財等の経営資源のみならず、事業マネジメントの仕組みや組織文化等、事業の競争力に影響を及ぼし、事業を支えるインフラを含む

出所：三菱総合研究所作成

自社技術で差別化された、顧客への提供価値*を明確化する

製品等が売れる現状から「何故、お客様は自社を選ぶのか**」と概念化し、「自社では何をやっていくのか」を検討する

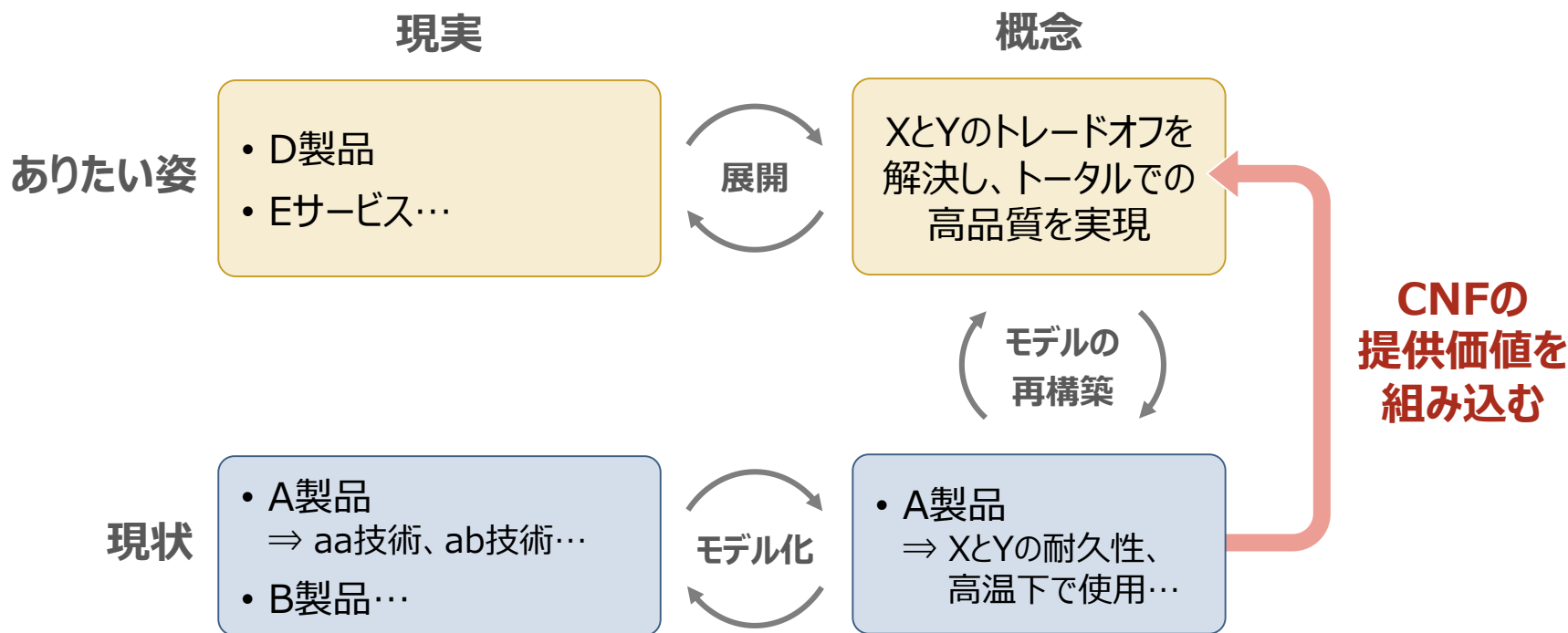


* 何故、「価値」を基軸とするのか：今選ばれている理由を強み（基軸）とした事業展開（価値の地続き）を目指すため

** 何故、お客様は自社を選ぶのか = 自社技術により差別化されている顧客への提供価値

CNFの提供価値*を組み合わせる

自社技術による差別化価値にCNFの提供価値を組み合わせ、ありがたい姿を検討してはどうか**



* 何故、「価値」を基軸とするのか：今選ばれている理由を強み（基軸）とした事業展開（価値の地続き）を目指すため

** 何故、お客様は自社を選ぶのか = 自社技術により差別化されている顧客への提供価値

The background image is a low-angle photograph of a forest. A large, thick tree trunk is the central focus, extending from the bottom of the frame towards the top. The trunk is covered in moss and has a rough, textured bark. The branches of the tree spread out at the top, surrounded by a dense canopy of green leaves. The sky is visible through the leaves, appearing as a light blue-grey color. The overall tone of the image is green and natural.

事業戦略の観点からCNFを考える

2. CNFで考える

公開情報から花王のアプローチ初期仮説を考える

(公開情報からは) 花王は「トレードオフを解決する分子設計技術」を活かし、改質CNF配合樹脂「LUNAFLEX」のカスタマイズ品を提供している (ように見える)

新規製品・サービス ;

樹脂中への均一ナノ分散に関するノウハウを活かし、
濡れ性と立体反発の観点から適切な修飾基をカスタマイズした複合樹脂を提供するサービスを開始

出所(2)に記載されている
1点目の図を参照

事業コンセプトの初期仮説 ;

親水性と疎水性のトレードオフを解決してトータルで
高品質を実現する

⇒ **親水性のCNFを疎水性の樹脂に馴染みやすくし、
CNFの力学的性質を最大限に引き出す**

出所(2)に記載されている
2点目の図を参照

出所(1)の図
を参照

洗濯洗剤

**親水と疎水のトレードオフを
解決する分子設計技術 ;**
長い疎水基の中間部に
親水基が位置する特殊構造

提供価値の初期仮説 ;

多様な環境下 (低温度下、高硬度水) でも
**油によく馴染んで汚れを落とすが、水によく溶けるため
対象物に付着しない**

出所 : 1) 花王「花王史上最高の洗浄基剤「バイオIOS」を開発」, <https://www.kao.com/jp/corporate/news/rd/2019/20190123-001/>、2) 「セルロースナノファイバーの疎水化技術を活かし、複合高機能樹脂『LUNAFLEX (ルナフレックス)』の提供を開始」, <https://www.kao.com/jp/corporate/news/rd/2020/20200605-001/>を基に三菱総合研究所作成 (閲覧日 : 2020年9月9日)

CNFの提供価値（機能）は製法*と形態で大きく変わる

CNFの機能はCNFの製法・形態で変化するほか、複合材料ではマトリックスでも変わる。この多様な機能に可能性を感じる一方で、難しさもある

各形態で発現されるCNFの機能例

形態	調製方法	機能例
分散液	水中・有機溶媒中でCNFを分散させる	<ul style="list-style-type: none">・ 静置時の粘度が高い・ 流動時に極端に粘度が低下する（スプレーできる）・ 界面活性剤を使わなくともオイルや無機物が均一に混ざる・ 均一に混ぜたものを凝集させずに乾燥させることが可能・ 保水性が高い、光透過性が高い
フィルム	分散液を基板上に塗布し、乾燥させる	<ul style="list-style-type: none">・ 軽くて強い、透明・ 柔軟で曲げることができる・ ガスを通しにくい、熱膨張しにくい・ 繊維が極細のため、表面が平滑・ 面内方向に熱を伝えやすい
多孔質体材料 （エアロゲル等）	分散液中のCNFが凝集しないように乾燥させる	<ul style="list-style-type: none">・ 押しても崩壊しない、折曲げや引張りも可能・ 光透過性が高い・ 空気よりも熱を伝えにくい（断熱性）・ 音、電気を伝えにくい（防音、絶縁性）・ 比表面積が大きく、吸着性が高い

* TEMPO触媒酸化、京都プロセス、水中対抗衝突法 等

出所：三菱総合研究所作成

強み、弱みは見方によって変わる

CNFの弱みは一般的に水に弱い、分解しやすいことであるが、**見方を変えれば吸湿性が高い、生分解性が高い（＝回収の手間を削減）とも捉えられる**

「土に還る」IoTデバイス（阪大・能木氏）

出所に記載されている2点目の図を参照

阪大・能木氏

紙の電子デバイス応用の話をした時、うんざりするほど「でも水（湿気）でダメになるんじゃないの？」と聞かれます。確かに紙は水を吸いますが、だからこそ湿度センサとして応用できます。

また、「紙って弱いんじゃないの？」とおっしゃる方もいますが、分解性IoTデバイスは見方によっては弱い（分解する）紙だからこそ実現しました。



CNF製品開発の現状と今後の可能性

現在主に展開されているのは高付加価値分野

スポーツ用品、化粧品、音楽関連用品等の高付加価値分野が多い。また、各企業が自社製品にCNFを適用している印象あり

販売されている製品例（公開情報ベース）

価格帯イメージ	商品カテゴリ例
高価格帯 (to C)	• スポーツ用品（卓球ラケット、スポーツシューズ）、化粧品（美容液、乳液、フェイスマスク）、音楽関連用品（ヘッドホン、スピーカー、琴柱）、歯科用品（マウスウォッシュ）、菓子（どら焼き、クレープ）、トイレタリー（大人用おむつ、尿取りパッド、トイレクリーナー）、タイヤ、陶器（清水焼）、ボールペンのインク
高価格帯 (to B)	• 生コンクリート圧送用先行剤
従来製品と 同程度	• 漆喰壁材、紙カップ

出所：ナノセルロースジャパン「商品採用事例」, " <https://www.nanocellulosejapan.com/wp-content/uploads/2020/05/1b30b54e5144c5387df5c9b25563663b.pdf>"を基に三菱総合研究所作成（閲覧日：2020年9月9日）

製品展開に向けた今後の動向

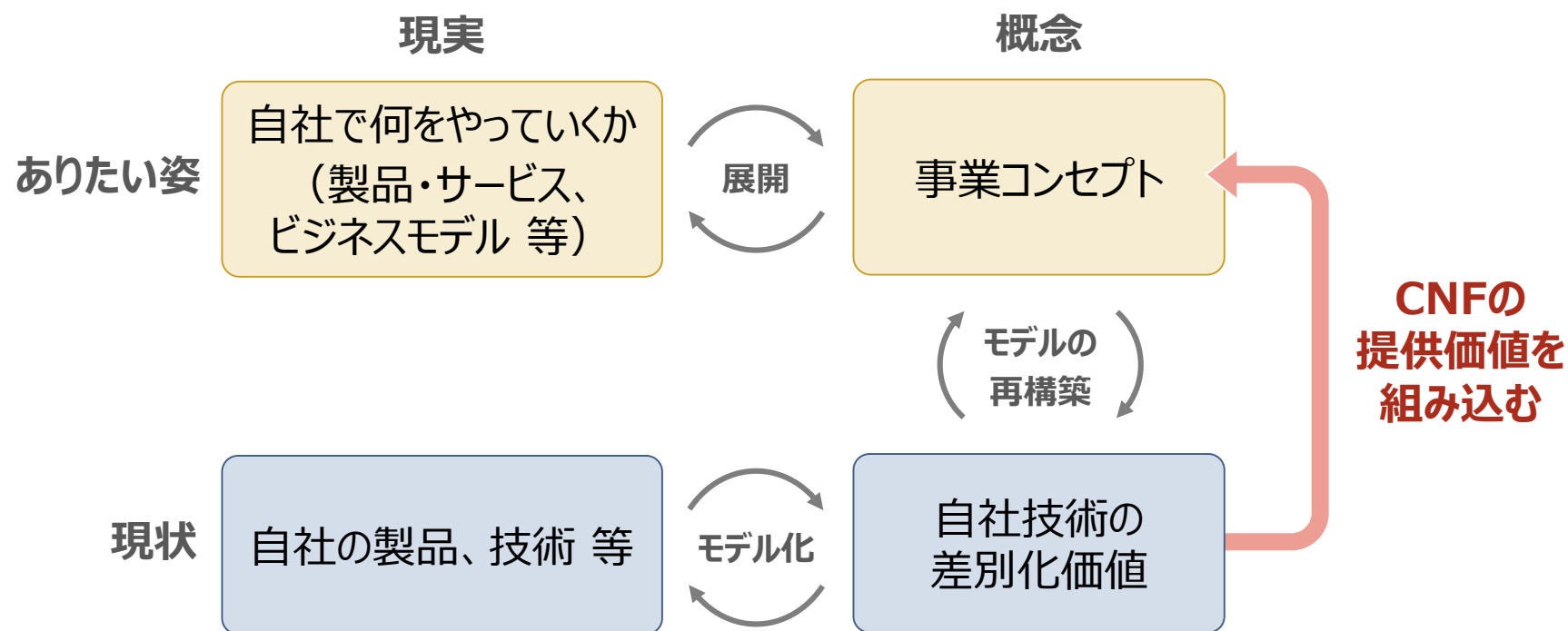
今後は、③製造コストの低減と並行して、①新素材ならではの用途探索、そして②既存製品の高性能化の方向にシフトすると考えられる

開発ターゲット	アプローチ例	悩み
① 新規製品	新素材ならではの用途を探索する (市場創造型イノベーション)	潜在ニーズの把握が困難 (どの市場？顧客は誰？)
② 既存製品	既存素材では実現できなかった 性能の発現*を目指す (持続型イノベーション)	技術・ノウハウの積み重ねが必要 (どうやればいいのか分からない)
③ 共通 (新規・既存製品)	製造プロセスの改良等によるコスト低減 (効率化／プロセスイノベーション)	技術・ノウハウの積み重ねが必要 (どうやればいいのか分からない)

* 視点の1つとして、二酸化炭素排出量の削減も考えられる

①新素材ならではの用途探索（市場創造型イノベーション）

一般的に、高単価なニッチ用途は存在する。中堅・中小企業の参入余地は大きいと考える。概念化のポイントは、**修飾語をつけ、多少領域が狭まっても強みを明確にすること**である



②既存製品の高性能化（持続型イノベーション）

多孔質体・複合材料等で様々な研究開発が進行している（詳細は割愛）

形態	従来の課題例	基礎研究事例
多孔質体	力学物性が密度に強く依存し、脆く、 少し圧縮しただけで割れる	CNFエアロゲルの力学物性は密度に線形に比例し、 圧縮しても割れず、折り曲げも可能 。熱伝導率は空気よりも低い（東大・齋藤氏） 出所(1)に記載されている 2点目の図を参照
複合材料	CNFは疎水化した上でプラスチックと溶融混練している。しかし、 混練時間が長くなるに伴いCNFの分子量が低下していた 。この分子量の低下は複合材料の機能の低下につながりうる	溶融したプラスチックにCNFを混練するのではなく、 CNF水分散液中でプラスチックを調製し、分子量低下を防いだ （東大・藤澤氏） 出所(2)に記載されている図を参照

出所：1) 東京大学「木材セルロースから強靱で透明な超断熱性エアロゲルを開発」, “<https://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/2014/20140728-1.html>”、2) 森林総合研究所「高性能なセルロースナノファイバーとプラスチック複合材料を簡単に調製する技術を開発」, “<https://www.ffpri.affrc.go.jp/research/saizensen/2017/20170309-01.html>”を基に三菱総合研究所作成（閲覧日：2020年9月9日）

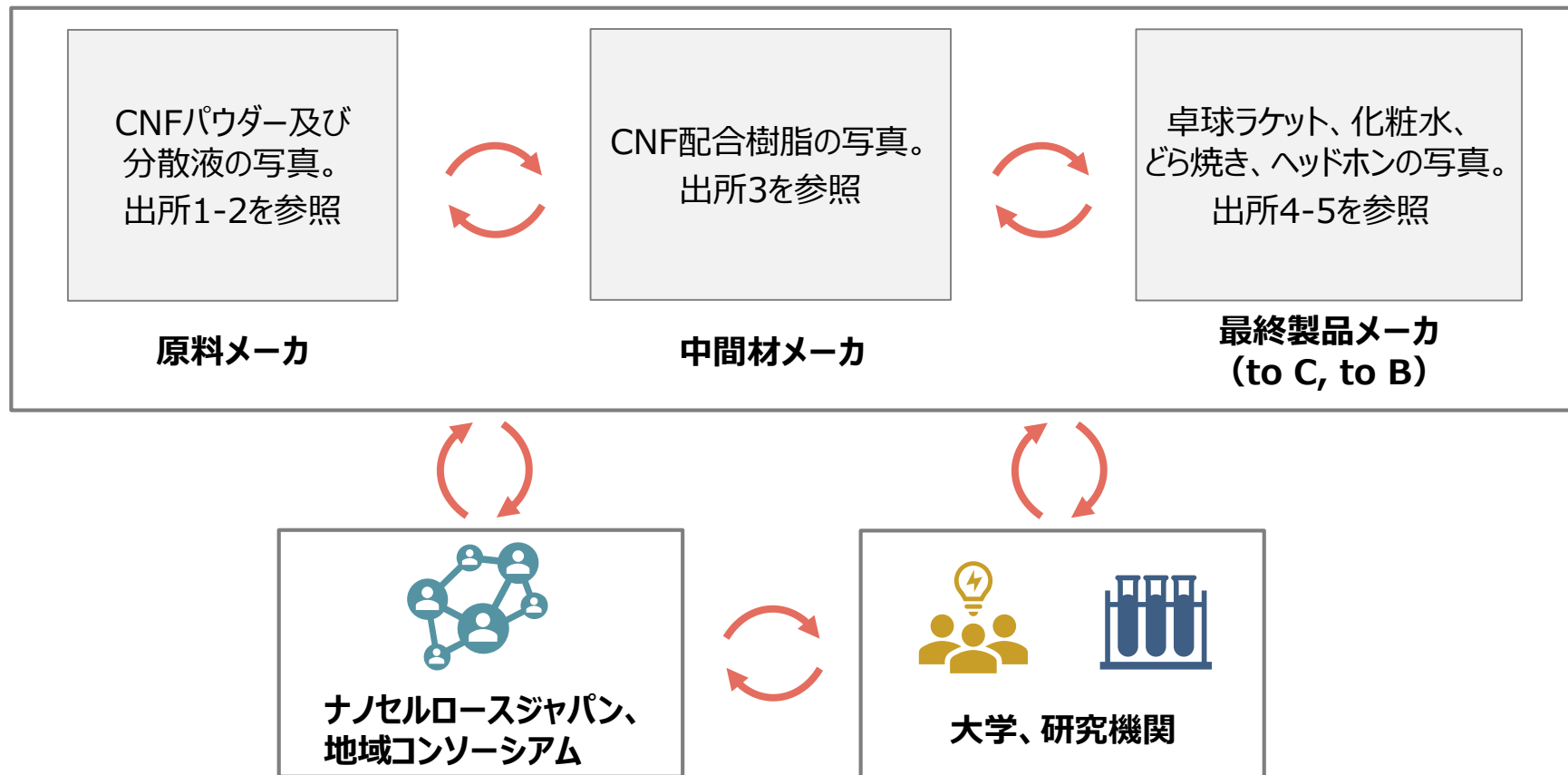
③コスト削減（効率化／プロセスイノベーション）

分散液・多孔質体・複合材料等で様々な研究開発が進められている

研究の観点	従来の課題例	応用・実用化研究事例
水／有機溶媒分散液	CNF分散液の固形分濃度は一般的に数%と低い ため、輸送コストが高い。しかし、 CNF分散液を一度乾燥させるとCNF同士が強く凝集し 、再分散させることは困難となる	各企業が 乾燥工程で凝集を抑える技術・ノウハウを構築 し、ドライパウダーを開発した（メーカ各社）
多孔質体	【超臨界乾燥法】 CNF分散液を単純に加熱して乾燥させるとCNF同士が強固に凝集するため、 多孔質体の調製には超臨界乾燥という特殊な乾燥法が必要 であった	【蒸発乾燥法】 3nm幅の極細CNFを用いる、CNFヒドロゲルの剛性を高める、低極性溶媒でヒドロゲルを溶媒交換するという3つの戦略により、 常温・常圧での乾燥で多孔質体を調製 した（東大・齋藤氏）
	【凍結乾燥法】 通常の凍結乾燥法では 2段階の溶媒置換プロセスを要した 。また、CNF水分散液をそのまま凍結乾燥させた場合では、多孔質体の比表面積が低減した	【溶媒置換を不要とする凍結乾燥法】 溶媒を置換するのではなく添加 することで、比表面積をでき得る限り維持しつつ、溶媒置換の不要化により製造コスト低減を目指す （北越コーポレーション・根本氏）
プラスチック複合材料	木材から疎水的なリグニンを除去したパルプをナノ解繊することでCNFは製造されている。このCNFは親水性であり、疎水的なプラスチックと混練することは困難であるため、CNFを疎水化した上でプラスチックと溶融混練しており、 プロセスが複雑になっていた	【パルプ直接混練法（京都プロセス）】 疎水的なリグニンをCNF表面に残す形でパルプ（リグノパルプ）を製造した。疎水化処理を施したリグノパルプを用いることで、 パルプのナノ解繊とプラスチックへの混練を同時に実施 した（京大・矢野氏）

今後に向けて①：外部連携

顧客ニーズの多様化や製品ライフサイクルの短期化を踏まえると、川上と川下企業の連携、企業と大学の連携等、**外部連携の重要性が増している**



出所：1) 日本製紙「採用製品」, “<https://www.nipponpapergroup.com/products/cnf/>”、2) 王子製紙「各種CNF」, “https://www.ojiholdings.co.jp/r_d/theme/cnf.html#link03”、3) 星光PMC「セルロースナノファイバー（CNF）配合樹脂」, “<https://www.seikopmc.co.jp/products/newtech/cnf.html>”、4) タマス「セルロースナノファイバー」, “<https://www.butterfly.co.jp/products/blade/material/cnf/>”、5) ニュースイッチ「30万円の“桐ヘッドホン”、世界初のセルロースナノファイバー振動板」, “<https://newswitch.jp/p/14026>”を基に三菱総合研究所作成（閲覧日：2020年9月9日）

今後に向けて②：デジタル活用

例えば、高靱性複合材料の試作等において**シミュレーションやマテリアルズ・インフォマティクスを活用できないか**

- CNF表面を被覆している界面活性剤分子層の分子密度（左）と厚み（右）をプラスチックの種類に応じて最適化することで延性が向上し、靱性の高い材料となる（東大（現 第一工業製薬）・添田氏）
⇒ **調整パラメータは分子密度、分子層の厚み、プラスチックの種類、界面活性剤分子の構造と多数**だが、シミュレーションやマテリアルズ・インフォマティクスの活用で効率化を図ることができないか

出所(1)、(2)に記載されている図を参照

出所：1) H. Soeta *et al.* Interfacial layer thickness design for exploiting the reinforcement potential of nanocellulose in cellulose triacetate matrix. *Compos. Sci. Technol.* 2017, 147, 100-106., 2) H. Soeta *et al.* Tailoring Nanocellulose– Cellulose Triacetate Interfaces by Varying the Surface Grafting Density of Poly(ethylene glycol). *ACS Omega* 2018, 3, 11883-11889. を基に三菱総合研究所作成（閲覧日：2020年9月9日）

本日のまとめ

1. 事業戦略の観点からCNFを考える

- 製品等が売れる現状から「何故、お客様は自社を選ぶのか」を概念化し、自社技術により差別化されている顧客への提供価値を明確にする
- その上で、自社の差別化価値とCNFの提供価値を組み合わせ、「自社で何をやっていくのか」を検討する

2. CNF製品開発の現状と今後の可能性

- 「新素材ならではの用途探索」では、上記アプローチが有効
- 「既存製品の高性能化」や「コスト低減」に向けた研究開発を自社で・実験のみで進めるにも限度がある場合あり。外部連携の推進やデジタル活用も検討してはどうか