

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：炭素資源循環型の合成ゴム基幹化学品製造技術の開発

実施者名：横浜ゴム株式会社、 代表名：代表取締役社長 清宮 眞二

（共同実施者：日本ゼオン株式会社（幹事企業））

目次

0. コンソーシアム体制

1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

0. コンソーシアム体制

タイヤ/合成ゴム産業は日本にとって有数の重要産業 タイヤ/合成ゴム業界一体での原材料確保体制構築が必要

タイヤ産業：20兆円規模，
日系企業のシェアは約25%前後

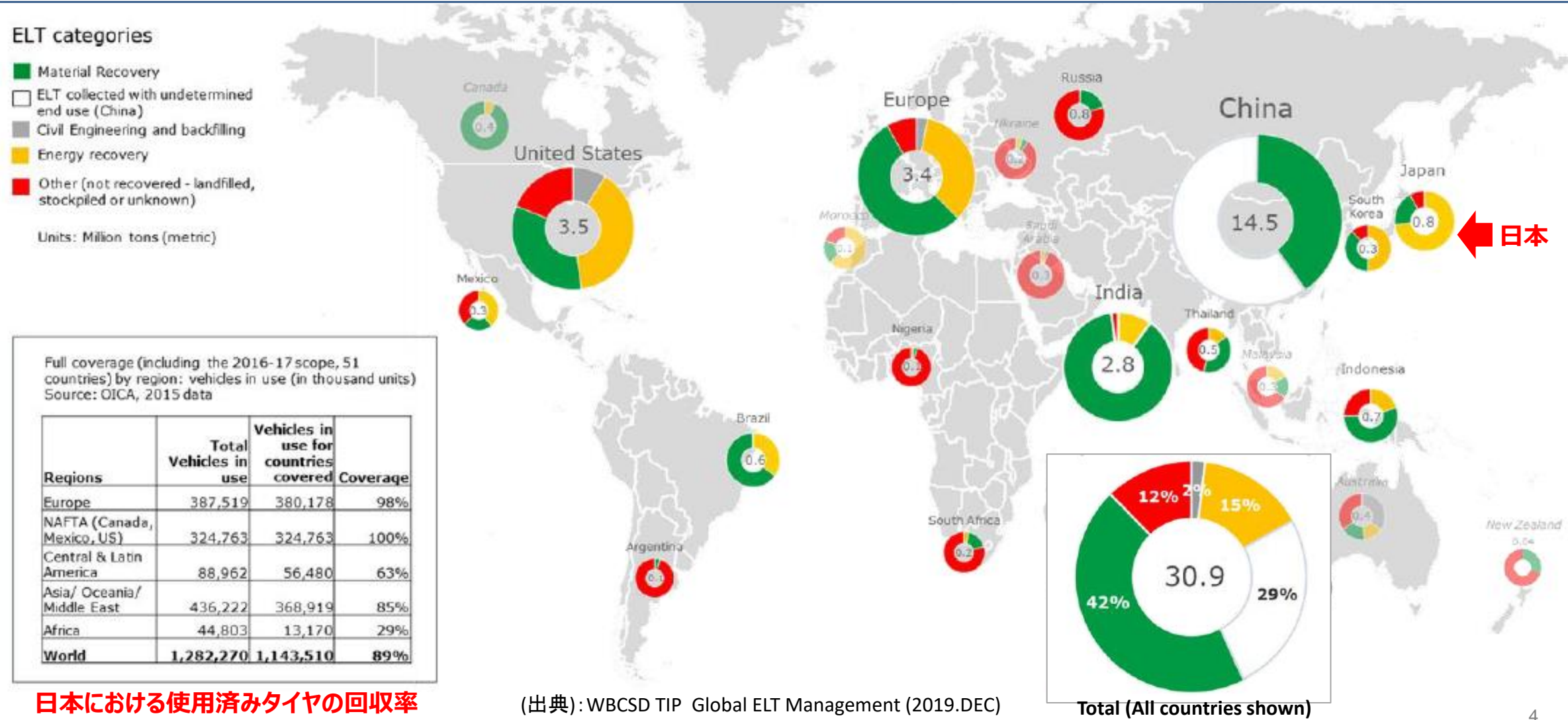
タイヤ産業は産業規模が大きくかつ日系企業のグローバルシェアも高い
⇒**タイヤ産業は日本にとって有数の重要産業。将来も確実な需要が存在し、日本の地位向上に資する重要な産業である。**

化学産業：雇用86万人(日本)
出荷額は約40兆円（全製造業の約14%）
合成ゴム産業：雇用11万人(日本)
出荷額は約3兆円

化学産業のうち合成ゴム産業は重要な産業の一つ。コンビナートという日本特有の企業連携や高品質な素材製造によって国際的な競争力を持つ。
⇒**タイヤ産業を支える合成ゴム素材は、日本において重要な産業である。**

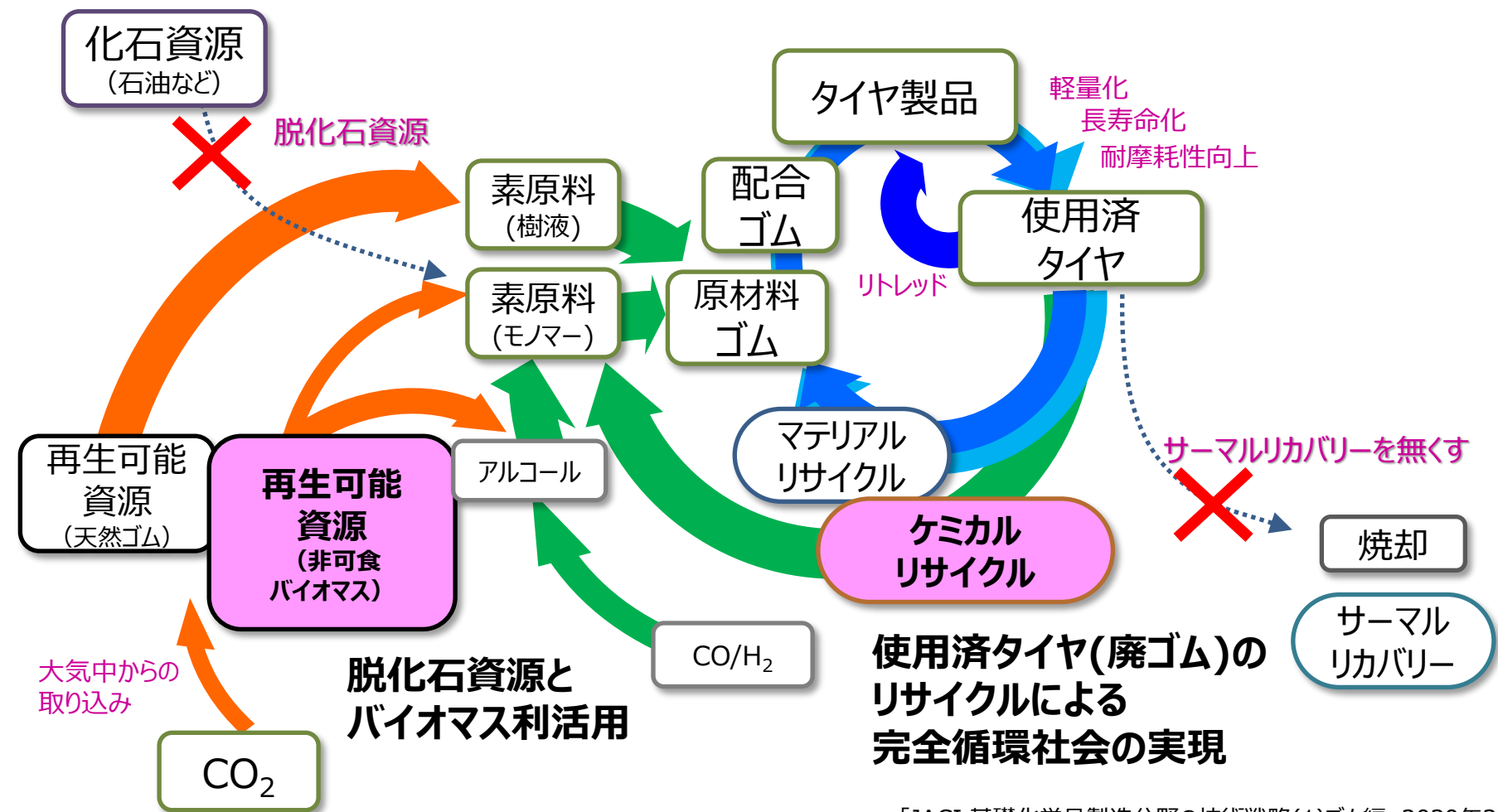
将来のタイヤ需要予測(2050年)：人（人-km）と貨物（トン-km）の移動は現状の2~2.5倍程度になると推定（OECD傘下輸送部門予測）。
現状以上の合成ゴム素材が必要となり、タイヤ/合成ゴム業界一体での原材料の確保が、タイヤ/合成ゴム産業の競争力強化、市場拡大に非常に重要である。

日本国内では使用済タイヤはサーマルリカバリーが主で、資源循環の観点からは有効利用できていない
脱炭素社会・カーボンニュートラルの実現には、サーキュラーエコノミーの構築が極めて重要



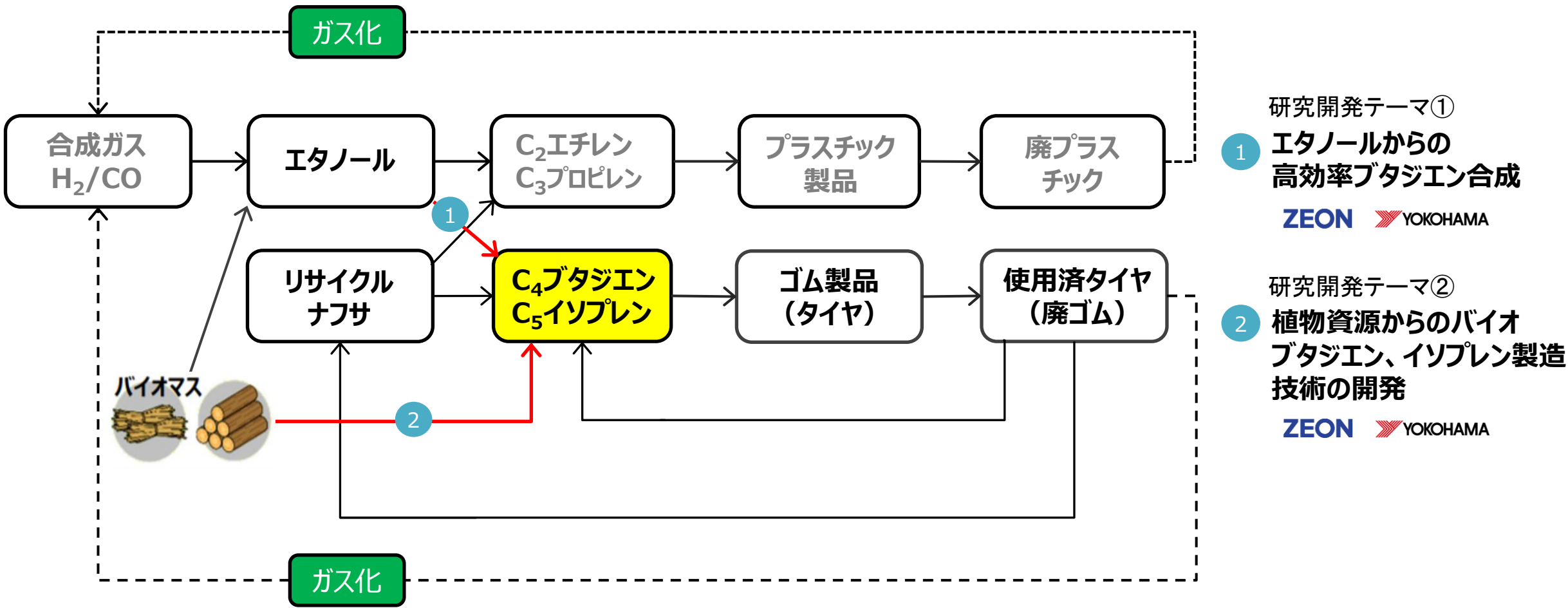
ケミカルリサイクル・再生可能資源を活用してタイヤ/合成ゴム産業の資源循環とカーボンニュートラル化を目指す

タイヤ/合成ゴム業界における2050年に目指す完全循環社会



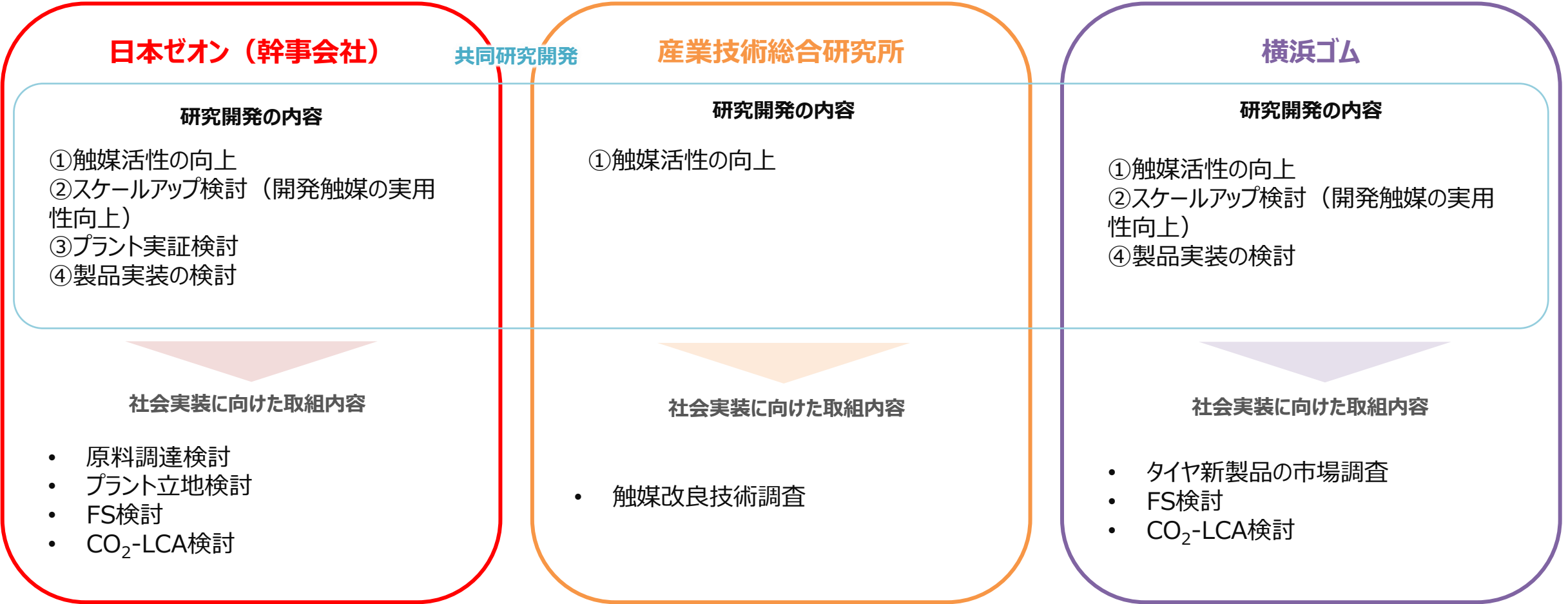
「JACI 基礎化学品製造分野の技術戦略(1)ゴム編 2020年3月」より引用

GI基金申請の枠組み：炭素資源循環型の合成ゴム基幹化学品製造技術の開発
タイヤ/合成ゴム産業の資源循環実現に向けて重要な研究開発テーマを推進する



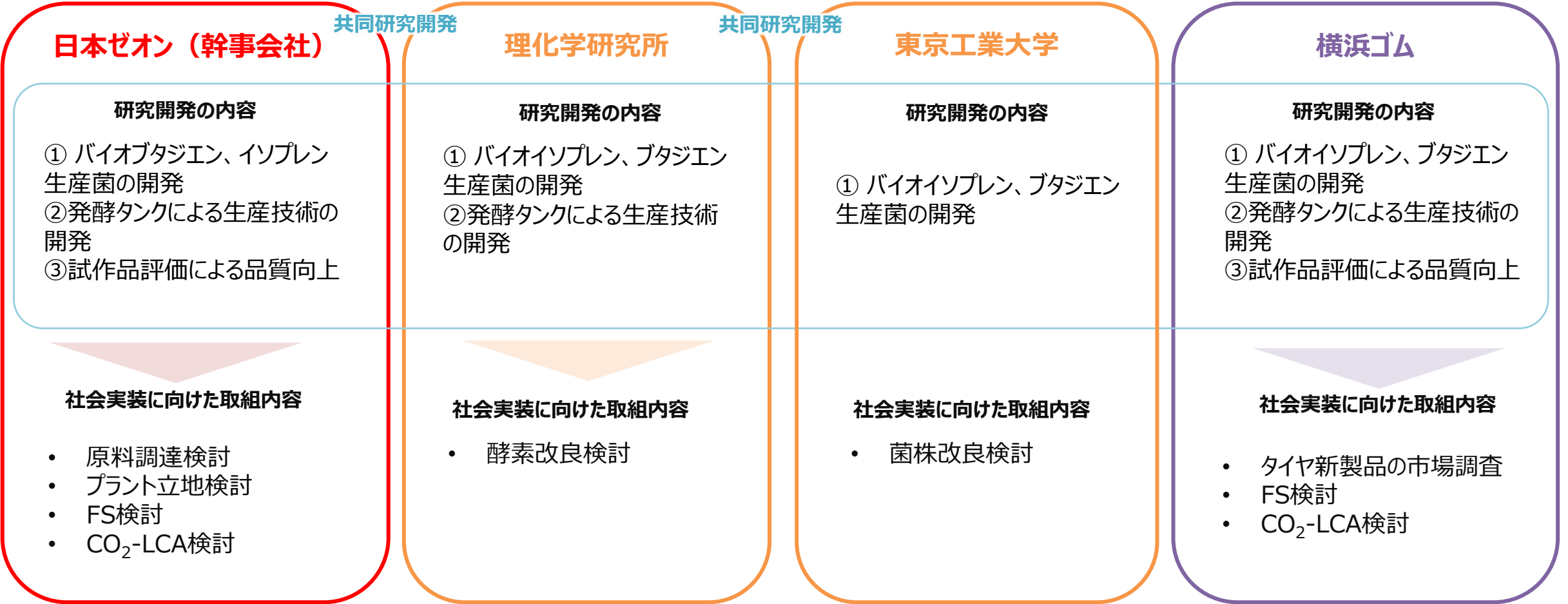
※他PJとも連携し、タイヤ・合成ゴム産業の資源循環を達成する

研究開発テーマ① エタノールからの高効率ブタジエン合成



高効率な触媒の開発と、プラント実証を通じてエタノールからのブタジエン製造技術確立し、合成ゴム、タイヤへの実装検討を通じて、実用化に目途をつける

研究開発テーマ② 植物原料からのバイオブタジエン・イソプレン製造技術の開発



生産菌の開発と発酵生産技術を開発し、飛躍的に生産性を高め、バイオブタジエン・イソプレン製造の実現する

1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

カーボンニュートラル化によりタイヤ用原料の多様化拡大が急増すると予想

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

（社会面）

- SDGs・気候変動対策への企業果たす責任や役割が大きくなる。
- 企業の取り組みの透明化・具体化の要求が高まる。

（経済面）

- カーボンプライシング等の圧力により、コスト構造の変化。
- サプライチェーン全体のCN化を目指すにあたり、バリューチェーンが変化し、新たなビジネスチャンスが生まれる。

（政策面）

- カーボンプライシング、炭素国境調整メカニズムの施行（ムチ）
- CN促進に向けた各種補助金が今後生まれる（アメ）

（技術面）

- 再生可能エネルギー関連の技術確度が高まり、企業のアクセスが容易になる。
- リサイクル技術（ガス化等）が、コスト低減化
- バイオ法の生産性が飛躍的に向上し、コスト低減

- 市場機会：カーボンニュートラル化の動きは活発化し、車の電動化シフトは急速である。同時に、欧州を中心にタイヤのカーボンニュートラルへの取組の推進要求が高まっており、サステナブルな原料開発が急増している。
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：機能を損なわず環境負荷の低いタイヤを提供することで、国民の安心で豊かな生活維持に貢献できる。

カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ

● 現状：

- （モノマー）石油由来合成ゴム素材(C4/C5)の製造
- （製品）サーマルリサイクル（＝燃焼）

● 2030年：

- （モノマー）再生可能資源から合成ゴム素材(C4/C5)の製造
石油由来ナフサ依存度80%
- （製品）ケミカルリサイクル化が進み、静脈サプライチェーンが構築される。

● 2050年：

- （モノマー）再生可能資源から合成ゴム素材(C4/C5)の製造
石油由来ナフサ依存度0%
- （製品）ケミカルリサイクル率80%、20%マテリアルリサイクルにより、産業自体のCNを達成

※再生可能エネルギーは、容易にアクセスできているとの前提

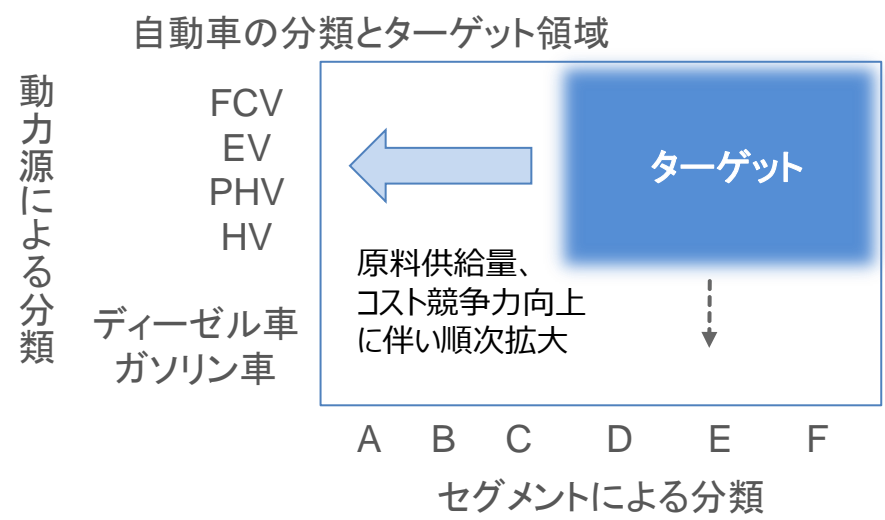
● 当該変化に対する経営ビジョン：

「社会からゆるぎない信頼を得ている地球貢献企業になる」というCSR経営ビジョンのもとカーボンニュートラル社会実現のために、社会と企業の共生・持続可能性の実現を目指します。そのために、化石資源から持続可能な資源へ切り替え、国民の安心で豊かな生活維持に貢献できる製品を提供します。

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

タイヤ消費財の高付加価値商品をターゲットにする

セグメント分析



- ・2030年時点では、再生資源由来の合成ゴムは、既存合成ゴムと比較して高コストであると推定されるため、環境意識の高い次世代自動車ユーザーをターゲットとする。
- ・その中でも、タイヤサイズが大きく売値の高いDセグメント以上(排気量2,000cc以上)の車両をターゲットとし、高性能で、且つ、環境負荷の低いタイヤを提供する。
- ・再生資源由来の合成ゴムが安定供給され、コスト競争力が高まってきた段階で、順次、タイヤ製品全体に拡大する。
- ・サステナブルな原料開発要求が急増していることから、コスト競争力の高い製品開発を早期に実現する必要がある。

ターゲットの概要

当社の中期経営計画において、市場概要と目標とするターゲット領域の売上比率として下記を掲げている。

タイヤ消費財： 高付加価値商品比率の最大化
(乗用車用タイヤ) 売上げ比率を40%から50%にあげる。

高付加価値商品拡大の施策を継続し、高性能に加えて環境負荷の低さを更なる付加価値とした製品開発を行う。

特に、自動車メーカーは、近年各国から発出されているグリーン成長戦略を受けて、CO₂排出量の少ない製品や再生可能原料を使用した製品を部品メーカーに要求するようになっている。そこで、本事業開始当初は、自動車メーカー向けに再生資源由来合成ゴムから製造したタイヤの提供を行い、シェアの拡大を見込む。

需要家	伸長比率目標 (2019年比)	課題	想定ニーズ	
プレミアムカーオーナー	150%	高い運動性能 OE装着拡大	運動性能と環境	←ターゲット
SUVオーナー	115%	高い運動性能 プレミアムカー装着	耐久性と環境	
寒冷地のカーオーナー	120%	高い運動性能 差別化技術	冬性能と環境	

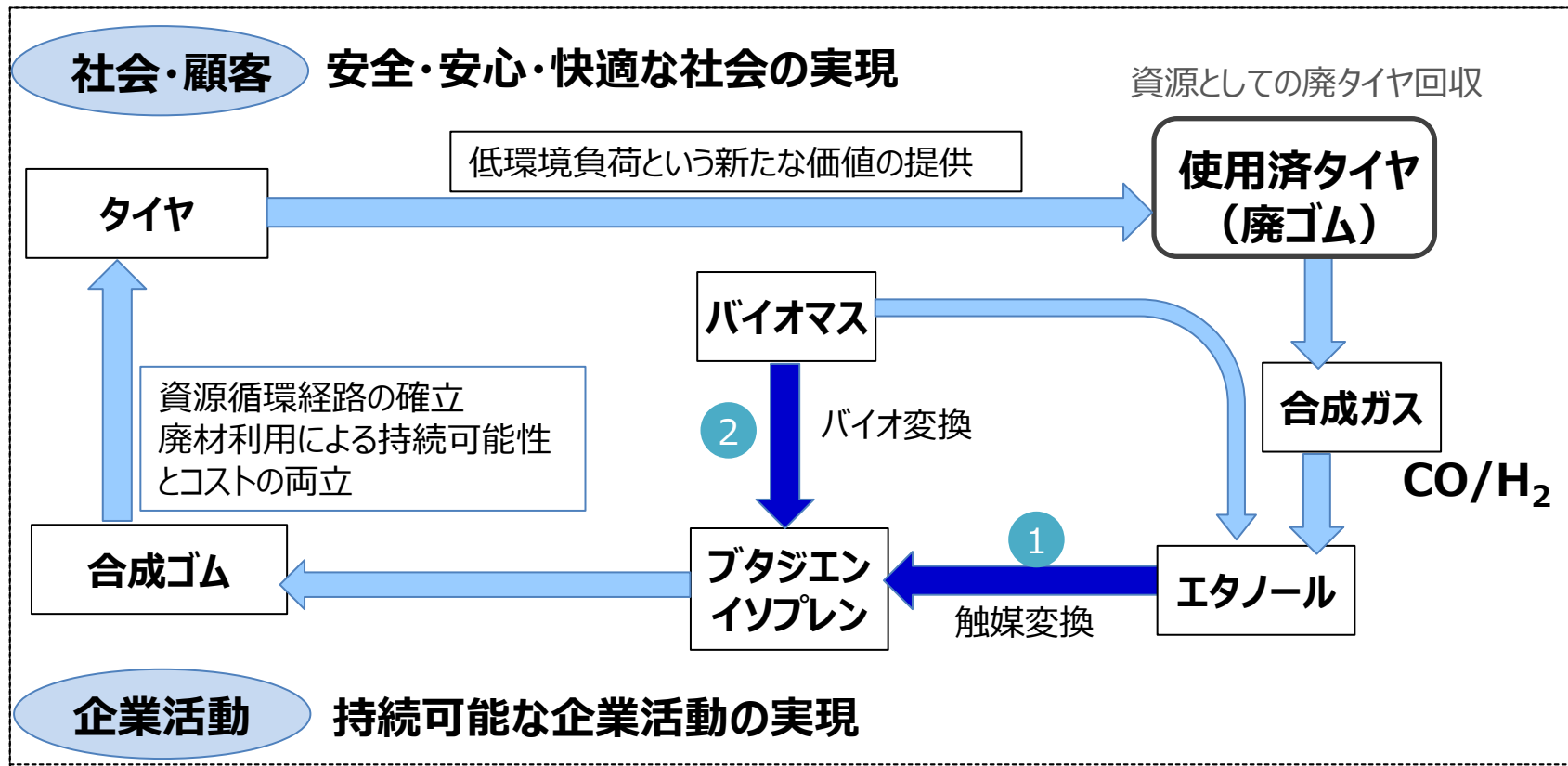
1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

炭素資源の循環により、安全・安心・快適な社会と持続可能な企業活動を実現する

社会・顧客に対する提供価値

- 性能とCNを両立したエラストマー製品の提供
 - サステナビリティ社会にも不可欠な材料である、エラストマー素材の安定供給を果たすため、コスト受容性と高性能の両立を実現する。
- 性能とCNを両立したタイヤ製品の提供
 - タイヤの運動性能や耐久性、静粛性、衝撃吸収性、燃費性能等は維持向上される。低環境負荷という新たな価値を提供できる。
- 再資源化技術を用いた資源循環モデルの構築
 - ゴミ、燃料として処分される使用済みタイヤなどの削減
 - 石化原料比率減によるCO₂排出量の削減
 - 原料ソース多様化により供給安定性を向上

ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性



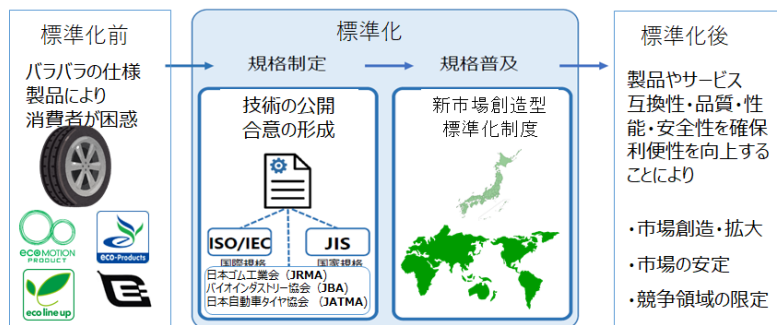
- ・持続可能で、尚且つ、CO₂排出量の低い原材料の利用により、安全・安心・快適な社会の実現に貢献する。
- ・バイオマスや廃タイヤなどの廃材から合成ゴムを製造することによって持続可能性とコストの両立が期待され、持続可能な企業活動を実現できる。

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

業界を巻き込んだ標準化により、ケミカルリサイクルに関するLC-CO₂算定によるルール形成を推進

標準化を活用した事業化戦略（標準化戦略）の取組方針・考え方

- タイヤゴムのケミカルリサイクルに関するLC-CO₂算出方法の標準化をグローバル標準化動向を睨みながら、先駆けてコントロールしていく。



経産省:標準化を活用した事業戦略のススメ

<https://www.meti.go.jp/policy/economy/hyojun-kijun/katsuyo/jigyosenryaku/pdf/jigyosenryakunosusume.pdf>

- 製品性能が見える化し、消費者に安心感を与え、市場の安定化・拡大につなげる。
- 標準化したCO₂算出方法を根拠にし、本事業のC4、C5技術を実装に合わせ、合成ゴム製品におけるバイオ、再生資源活用率を算出。これらサステナブル資源を利用した合成ゴム製品を、活用率に応じた製品群に展開し、市場の拡大と価値創造を狙う。サステナブル資源利用の市場を安定化させ、競争領域を限定する。

国内外の動向・自社の取組状況

（国内外の標準化）

- 循環型社会形成に向け、各国でも再資源化等の活動が進む中、リサイクルに関するLC-CO₂に関する検討も活発化
- ケミカルリサイクルに関するLC-CO₂算定は業界、個社での検討結果が発表されているものの、グローバルでの標準化までには至っていない

（規制の動向）

- 欧州含め、各国でCO₂排出量に対して排出枠を定める排出量取引制度等、CO₂排出量に関する規制が進んでいる

（これまでの自社による標準化、知財、規制対応等に関する取組）

- 気候関連財務情報タスクフォース（TCFD）提言に基づき、自社活動のCO₂排出量2030年、2050年の目標を公開
- 日本ゴム工業会の地球温暖化対策長期ビジョン（2050年カーボンニュートラルへの取組）の策定に参加
- タイヤの環境問題への業界取り組み（WBSCD-TIP）に参加
- 廃タイヤからの再生原料のLC-CO₂算定ガイドラインを検討中

本事業期間におけるオープン戦略（標準化等）またはクローズ戦略（知財等）の具体的な取組内容

標準化戦略

- 4社（ブリヂストン、ENEOS、日本ゼオン、横浜ゴム）共通となる工程（使用済みタイヤのチップ化時のCO₂排出量、其れに関わる輸送時CO₂排出量）については、4社協働でLCAを検討
- LC-CO₂算定に関するデータ等は関連業界で共有することで、将来的には業界で発行しているLC-CO₂算定標準へ折込み予定

知財戦略

- オンリーワンの優れた特許技術により、確固たる地位を獲得する
- 知的財産権を強みに、「企業連携」、「オープンイノベーション」を推進
- 開放特許で、他社特許を利用、自社特許を収益化

1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

タイヤ製造技術の強みを活かして、社会・顧客に対して安全・安心・快適という価値を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

競合との比較

ターゲットに対する提供価値

- 社会・顧客に対してタイヤ製品を通して、安全・安心・快適という価値を提供できる
- 国内・欧州のプレミアムカーに承認される高性能なタイヤを提供できる。FCV・EV等の次世代自動車の性能を満足する低燃費タイヤを提供できる。
- 商品コンセプトを生かしながら、低環境負荷という新しい付加価値を提供できる。

自社の強み

- ETB反応触媒開発の技術（NEDO超超プロ）
- タイヤ製造技術により安全・安心なタイヤを提供できる

自社の弱み及び対応

- [弱み] 触媒技術を生かすブタジエンや合成ゴムの製造の知見や設備を保有していない
- [対応] 合成ゴム製造メーカーとの協業によって再生可能な合成ゴムの社会実装を目指す。

自社

競合
A社

競合
B社

技術

- 産総研や理研との協業で世界トップレベルの基盤技術を持つ



- 製品実装により、他社に先駆けたCN化を推進する

顧客基盤

- グローバルにタイヤを販売。日欧米の新車用タイヤの承認多数



- 環境意識の高い日欧の新車用を中心に進める

サプライチェーン

- タイヤ製品についてはグローバルなチェーンを有する。



- 社内のグローバルチェーンをフルに活用して拡大を図る

その他経営資源

- ADVANなどの強い商品ブランドと伝統をコア・コンピタンスとする



- 知的資源を有効に活用し、知財戦略により強固に管理する

- すでにパイロット規模のステージ

- 非化石原料タイヤを発表

- 世界中に基盤を有し、独自の戦略をもつ

- タイヤ上市で先行し、顧客の環境タイヤへの関心情報を入手

- 欧州を拠点として、グローバルに海外展開

- 非化石原料の安定供給体制が出来ていない

- 2050年100%持続可能原料を使用したタイヤ

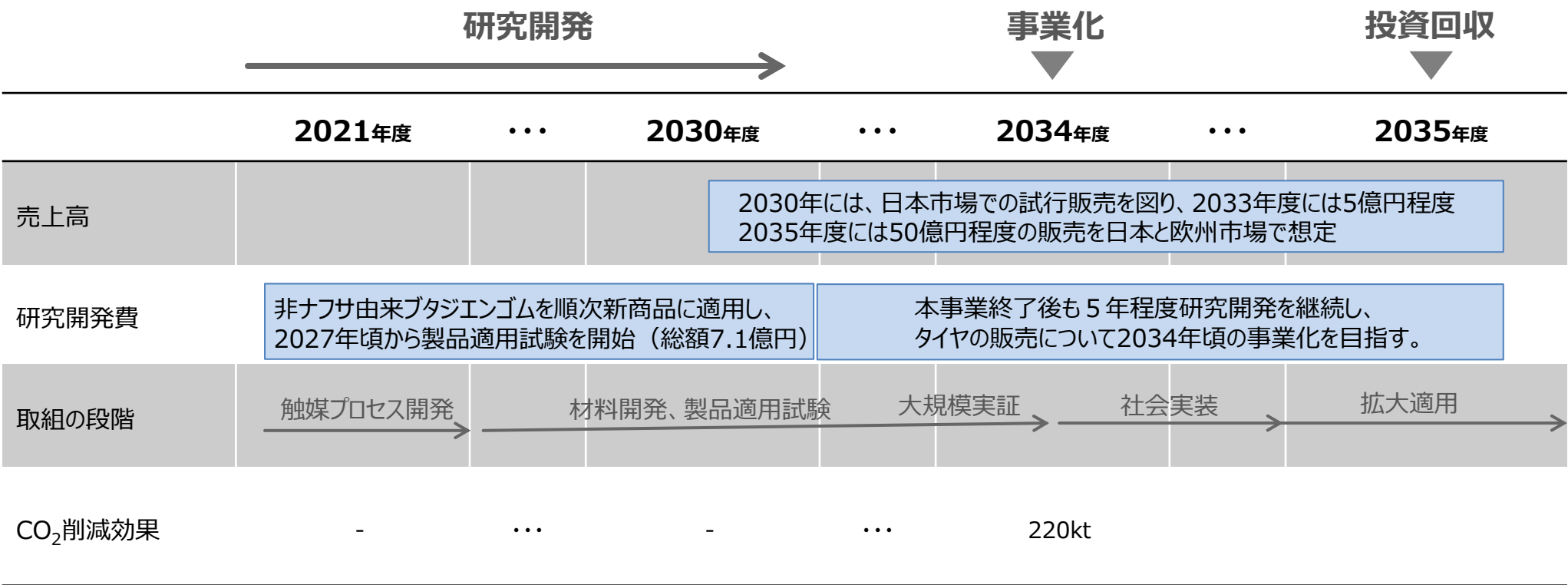
- 2050年にバイオマスとリサイクル材料比率100%のタイヤを実現

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

1 0年間の研究開発の後、2034年の事業化、2035年頃の投資回収を想定

投資計画

本事業終了後も5年程度研究開発を継続し、タイヤの販売について2034年頃の事業化を目指す。



1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

研究開発・実証

設備投資

マーケティング

取組方針

- 産総研データ駆動コンソーシアムを活用
- 理研の植物データベースの活用
- 産総研・理研・日本ゼオンとの協業体制
- 触媒開発を中心に進める
- 知財は知財管理委員会にて管理
- 必要な技術は、積極的に外部と協業するオープンイノベーションを活用
- LCA評価は外部機関活用し、開発にフィードバックする
- さまざまなチャンネルを活用し顧客情報を入手し、事業戦略・計画との整合を図る

- 開発段階で触媒開発を推進するために、ラボの触媒反応装置と生成した触媒を評価するための分析機器を導入する
- 同時に産総研や理研の設備を活用する
- ラボでのブタジエン精製は外注を活用する
- ベンチ規模以降の生産設備は、環境問題や前後工程との連携もあるので、立地については、ゴム製造装置を持つ日本ゼオンに検討を依頼する。それを支援する
- タイヤ試作評価は既存の設備を活用する
- 社会実装可能な触媒の解析研究用にX線光電子分析装置、触媒反応評価装置、蒸留装置、重合装置を導入、有用なデータを得て、開発を加速させる体制を構築。

- 欧州OEMメーカーや国内OEMメーカーの情報を入手し、最新の情報をフィードバックする
- 欧州では、すでに標準化、認証システムの動きがあるので、情報を入手し、その活動に積極的に参加するようにする。
- 国内の標準化や認証システムを国内OEMメーカーと協力して推進する
- 本開発品の付加価値をアピールし、顧客にプレミアム商品であることを認めてもらう
- 国のカーボンプライシングやインセンティブなどの活動をフルに活用する
- バイオブタジエン市場は今後10年間で年平均成長率80%以上の急拡大が予想される。欧州、米国、中国での市場拡大が著しい。

進捗状況

- ETBゴムを実装したタイヤがヒルクライムレースで2年連続で完走した。
- 産総研・理研・平塚での実験体制を構築。

国際競争上の優位性

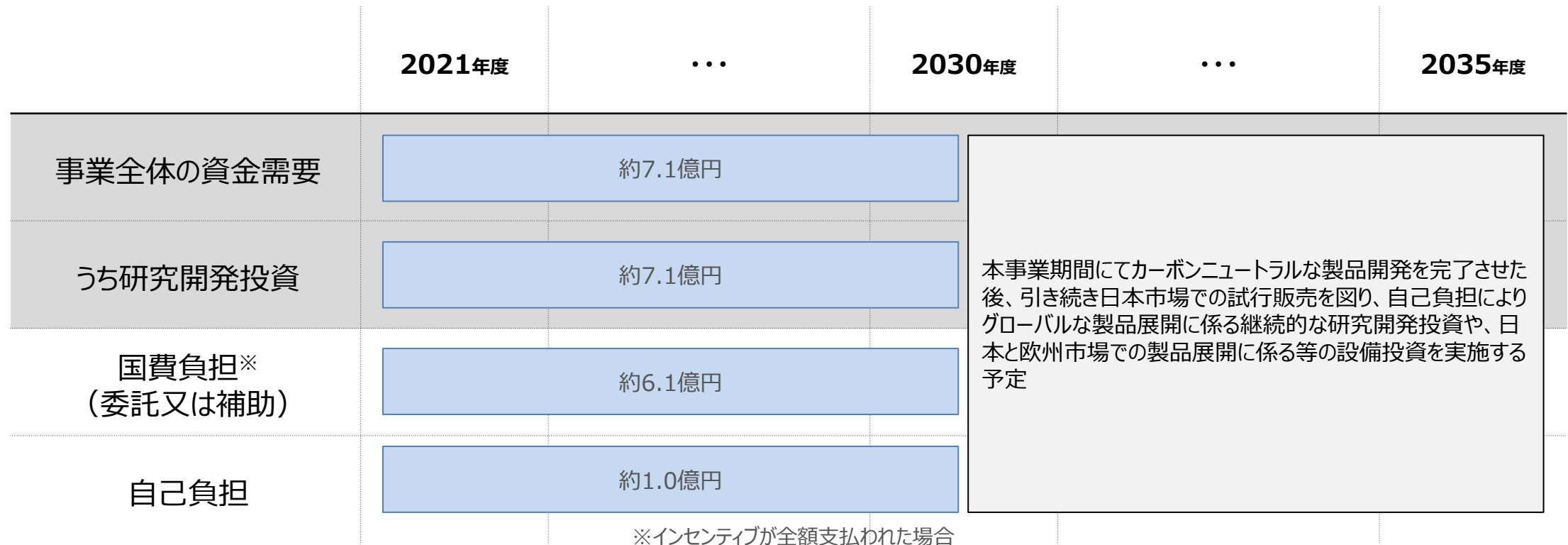
- 海外情報を積極的に収集解析（展示会、メーカー訪問、特に欧州）
- 国際的な学会等で発表し、優位性アピール
- 定期的な海外企業、大学を訪問あるいはオンライン面談を実施し、情報交換を進める、特に触媒研究はフランス・リール大学に注目、更に中国の研究も活発なので常にウォッチ・コンタクトする。

- エタノール最安値地域を調査し、地産地消型のプラント設置も検討し、コスト優位性を出す
- 東南アジアの場合、シンガポール地域の合成ゴム工場からの展開も検討する
- 技術の流出を抑えながら、東南アジアへの技術支援活動を進める

- 各地域の標準化や認証システムの情報をもとに、国際基準をつくるように活動する
- 各地域の顧客のニーズを把握し、地域戦略に基づいて対応する
- 国の発展途上国支援政策に基づいて、各国との連携をとりながら進める

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、1 億円規模の自己負担を予定



2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

① エタノールからの高効率ブタジエン合成というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発テーマ		アウトプット目標	
① エタノールからの高効率ブタジエン合成		エタノールからブタジエンへ変換で、ブタジエンの理論収率の80%以上を達成する パイロットスケール実証完了	
研究開発内容		KPI	KPI設定の考え方
①触媒活性の向上		触媒活性の向上と長寿命化	製品コストを下げるために触媒に必要な効率 実装のためには、寿命の維持は重要
②スケールアップ検討（開発触媒の実用性向上）		スケールアップ技術の確立	パイロットプラント設計のためのデータ取得 - 製品性能として重合可能な純度 - スケールアップによる触媒寿命維持
③プラント実証検討		パイロットスケール設備で生産実証 LCAと事業性評価	事業化のための設計データ、FS検討 スケールアップ効果、触媒安定性の検証
④製品実装の検討		既存ブタジエンゴム製品性能と同等	既存ブタジエンゴムと性能同等であることを検証し、タイヤ材料に適用できる

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

① 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
①触媒活性の向上	ブタジエン収率 80%以上	収率50～ 60%程度 (TRL4～5)	収率80% 同等の生産 性 (TRL7)	<ul style="list-style-type: none">触媒金属の組み合わせ（多元組合せ） 自動触媒合成と多検体反応装置 AIによる最適解探索ベンチ装置のためのキネティックデータ取得	これまでの開発で 改善方向性が見 えている (80%)
②スケールアップ検討 (開発触媒の実用性 向上)	スケールアップ技 術の確立	要素技術 (TRL4～5)	社会実装レ ベル (TR6)	<ul style="list-style-type: none">ベンチ設備による触媒評価と最適化触媒高活性化と劣化防止ブタジエンの捕集と精製プロセス開発本プラント設計のためのエンジデータ取得	ベンチ装置の設計 開始。触媒活性維 持の方策により達成 見込み（70%）
③プラント実証検討	パイロットスケール 設備で生産実証 LCAと事業性評 価	生産レート 向上の余地 あり	数千t/y実 証実証完了 (TRL7)	<ul style="list-style-type: none">設備稼働とエンジデータ取得触媒活性維持と劣化抑制ブタジエンの捕集と精製、重合確認エタノールの供給（合成ガス・バイオマス）	純度による重合 挙動制御は検討 により達成見込 (70%)
④製品実装の検討	既存ブタジエンゴ ム製品性能と同 等	石油由来ゴム ⇒TRL3	既存製品 と同等品質 (TRL8)	<ul style="list-style-type: none">重合方法の改良タイヤ製品試作による検証LCA評価と事業性検討	純度がクリアでき れば、重合は達 成見込 (80%)

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

② 植物原料からのバイオブタジエン・イソプレン製造技術の開発

研究開発項目		アウトプット目標	
2 植物原料からのバイオブタジエン・イソプレン製造技術の開発		糖原料からブタジエンおよびイソプレンを、菌株の生産性を向上させる さらに、培養器あたりの生産性を最大化する。	
研究開発内容		KPI	KPI設定の考え方
① バイオブタジエン、イソプレン生産菌の開発		菌株の目的化合物の生産性	糖からの発酵生産収率が飛躍的に向上することにより精製やその後の工程が容易である
② 発酵タンクによる生産技術の開発		培養器あたりの目的化合物の生産性 目的化合物の純度	スケールアップした装置において、阻害因子などをコントロールしつつ、制御因子の最適化を図れていることで培養器あたりの生産性の最大化と純度向上を図る
③ 試作品評価による品質向上		ゴム製品性能	既存ブタジエンゴムと性能同等であることを検証し、タイヤ材料に適用できる

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

② 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
① バイオブタジエン、イソプレン生産菌の開発	目的化合物の生産性	ラボレベルの実証が終了 (TRL4)	目標収率同等の生産性達成 (TRL6)	<ul style="list-style-type: none">安定的かつ生産性の高い菌株開発<ul style="list-style-type: none">ロボティクスによる実験作業効率と機械学習の併用による研究のスピードアップ化	ボトルネック酵素や代謝最適化により実現見込 (80%)
② 発酵タンクによる生産技術の開発	目的化合物の生産性	ラボレベルで技術開発要素を明確化 (TRL3～4)	実プロセス環境下での生産速度の達成 (TRL5)	<ul style="list-style-type: none">生産プロセスの最適化<ul style="list-style-type: none">バイオファウンドリの活用効率的な生成物の分離プロセス開発LCA評価	安定的な生産のためのプロセスを実現可能性・高 (70%)
③ 試作品評価による品質向上	既存ゴム製品性能同等	ラボレベルでの試作・評価終了 (TRL4)	重合ゴムや試作タイヤの市場レベルの品質 (TRL6)	<ul style="list-style-type: none">重合方法の改良<ul style="list-style-type: none">方式① バイオ副産物下でも反応が進む重合レシピの開発方式② バイオ副産物の除去検討	使いこなしノウハウにより重合は達成見込 (80%)

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの開発進捗	進捗度
<div>1</div> <div>エタノールからの高効率ブタジエン合成</div> <div>①触媒活性の向上</div> <div>②スケールアップ検討</div> <div>③プラント実証検討</div> <div>④製品実装の検討</div>	<div>マイルストーン：2024年度</div> <div>① 触媒活性 ー収率：65%以上</div> <div>②ベンチ設備設計完了</div> <div>③（今期実施なし）</div> <div>④ 重合性確認</div>	<div>①金属種組合せ、触媒担体、触媒構造により、65%達成 ロングライフ試験で、触媒寿命を把握開始</div> <div>②ベンチ設備設置場所の決定、設備の基本設計が完了 設計データ取得のためのマイクロ装置投資を23年度内実施</div> <div>③プラント設置場所についての社内検討を実施中</div> <div>④ラボレベルでの合成品でタイヤ実車走行確認 レース実戦で走行し、完走した</div>	<div>○ 100%</div> <div>触媒開発は計画通り、プロセス評価・準備も計画通り</div>
<div>2</div> <div>植物原料からのバイオブタジエン・イソプレン製造技術の開発</div> <div>①バイオブタジエン・イソプレン生産菌の開発</div> <div>②発酵タンクによる生産技術の開発</div> <div>③試作品評価による品質向上</div>	<div>マイルストーン：2024年度</div> <div>①キー酵素の変換効率：80 %以上</div> <div>②10条件以上での生産性評価を実施し、重要因子の把握</div> <div>③不純物の組成把握完了</div>	<div>①生産菌の開発では、野生株と比較し効率的にペンタジエン酸に変換できる株を見出し、これまでの2.6倍の生産性を示した。 イソプレンは評価系構築でやや遅れ。別手法により挽回可能</div> <div>②5L培養槽を活用して、培養生産の試験を開始し、生産性評価と合わせブタジエン捕集を実施した</div> <div>③不純物組成の把握が完了し、ブタジエンが重合できることを確認した</div>	<div>○ 80%</div> <div>生産菌開発は、ブタジエンでおおむね計画通り、イソプレンがやや遅れだが挽回可能</div>

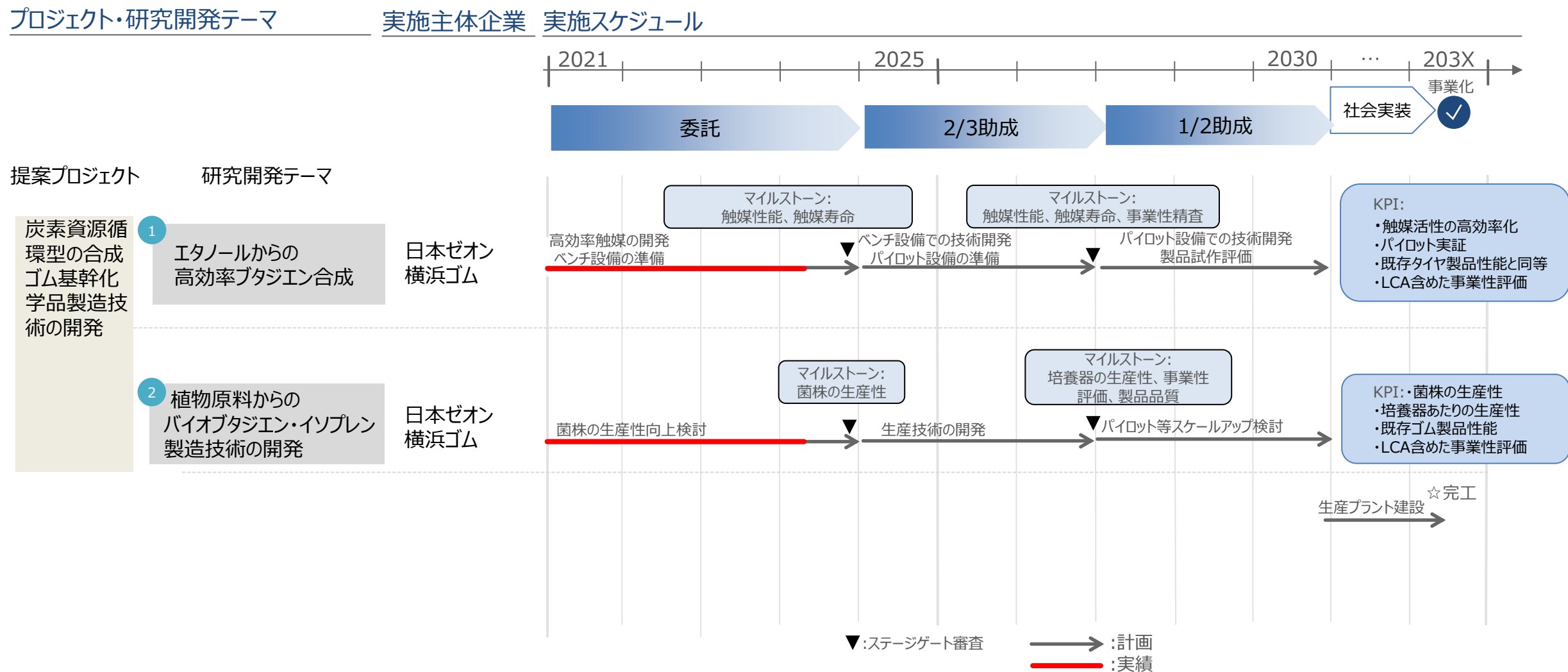
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
<div>1</div> <div>エタノールからの高効率ブタジエン合成</div> <div><div>①触媒活性の向上</div><div>②スケールアップ検討</div><div>③プラント実証検討</div><div>④製品実装の検討</div></div>	<div>マイルストーン：2024年度</div> <div><div>① 触媒活性 ー収率：65%以上</div><div>②ベンチ設備設計完了</div><div>③（今期実施なし）</div><div>④ 重合性確認</div></div>	<div>①触媒活性の70%以上を目指した取り組み ロングライフ評価と長寿命化 原料エタノールのコストと品質の継続調査</div> <div>②ベンチ設備によるコストやLCA効果の検証</div> <div>③設置場所についても検討継続</div> <div>④ブタジエンゴムの重合性確認</div>	<div>①自動触媒合成を活用し、触媒探索を加速。触媒寿命の試験を平行して実施し、触媒の選択に関して最適化を進め、次の活性目標の達成を目指す エタノールは商社とコンタクト、数量・コストをウォッチ</div> <div>②マイクロ装置を導入し、エンジニアリングデータを採取 LCA算定検討も同時に実施中であり、効果の検証もできる見込み</div> <div>③社内立地案を検討</div> <div>④マイクロ装置でブタジエンを生成、さらに精製の検討も実施し、ブタジエンゴムの重合性を確認する</div>
<div>2</div> <div>植物原料からのバイオブタジエン・イソプレン製造技術の開発</div> <div><div>①バイオブタジエン・イソプレン生産菌の開発</div><div>②発酵タンクによる生産技術の開発</div><div>③試作品評価による品質向上</div></div>	<div>マイルストーン：2024年度</div> <div><div>①キー酵素の変換効率：80 %以上</div><div>②10条件以上での生産性評価を実施し、重要因子の把握</div><div>③不純物の組成把握完了</div></div>	<div>①さらなる生産性向上にむけて酵素変異体の活性に必要な代謝産物の強化を進める</div> <div>②5L培養槽を活用した、培養条件毎の生産性への影響確認実験を継続し、重要因子を把握する</div> <div>③回収によるマテバラの把握と組成分析の継続</div>	<div>①ロボティクスの導入完了。これにより酵素評価を加速し、変換効率の高い変異体を確保</div> <div>②5L培養槽を活用して計画を効率化し評価を加速することで完了見込み</div> <div>③生成物を効率よく捕集し、詳細分析の実施により完了見込み</div>

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

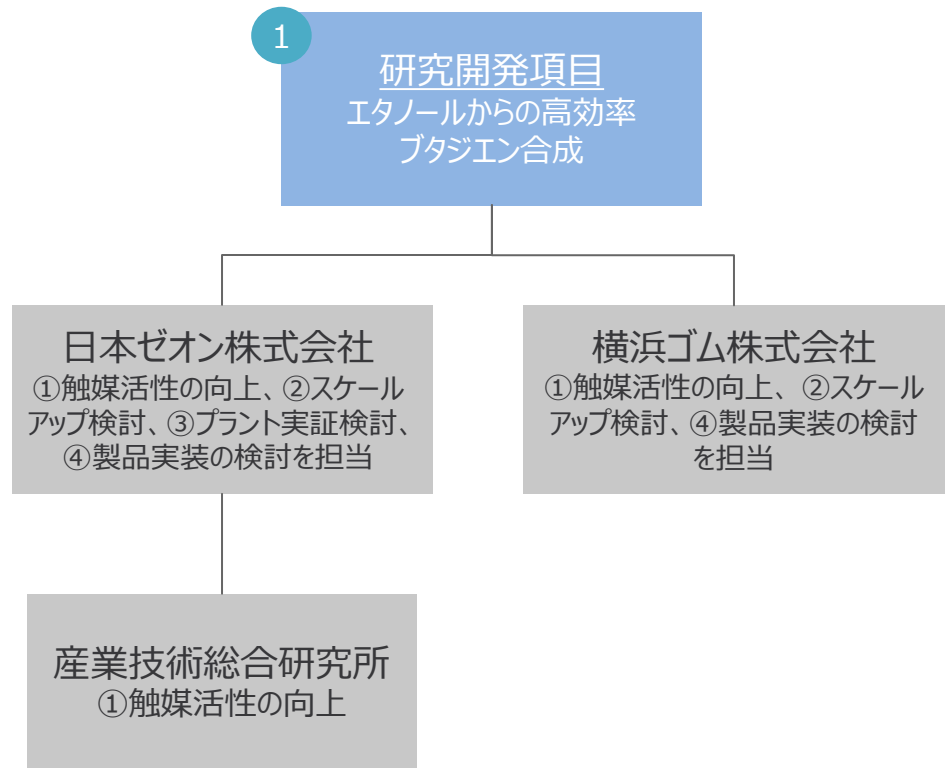
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

① 各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目①の全体の取りまとめは、日本ゼオン株式会社が行う
- 日本ゼオン株式会社は、全体とベンチ以降の生産検討を担当する
- 横浜ゴム株式会社は、触媒開発と製品実装を担当する

研究開発における連携方法

- 産業技術総合研究所は触媒開発とそのプラント実装を担当する
- 各社のリソースを集中して、情報共有を密にして効率的に研究開発活動を行う

中小・ベンチャー企業の参画

- 情報収集を適宜行い、社会実装に必要となる中小・ベンチャー企業があれば、参画の検討を行う

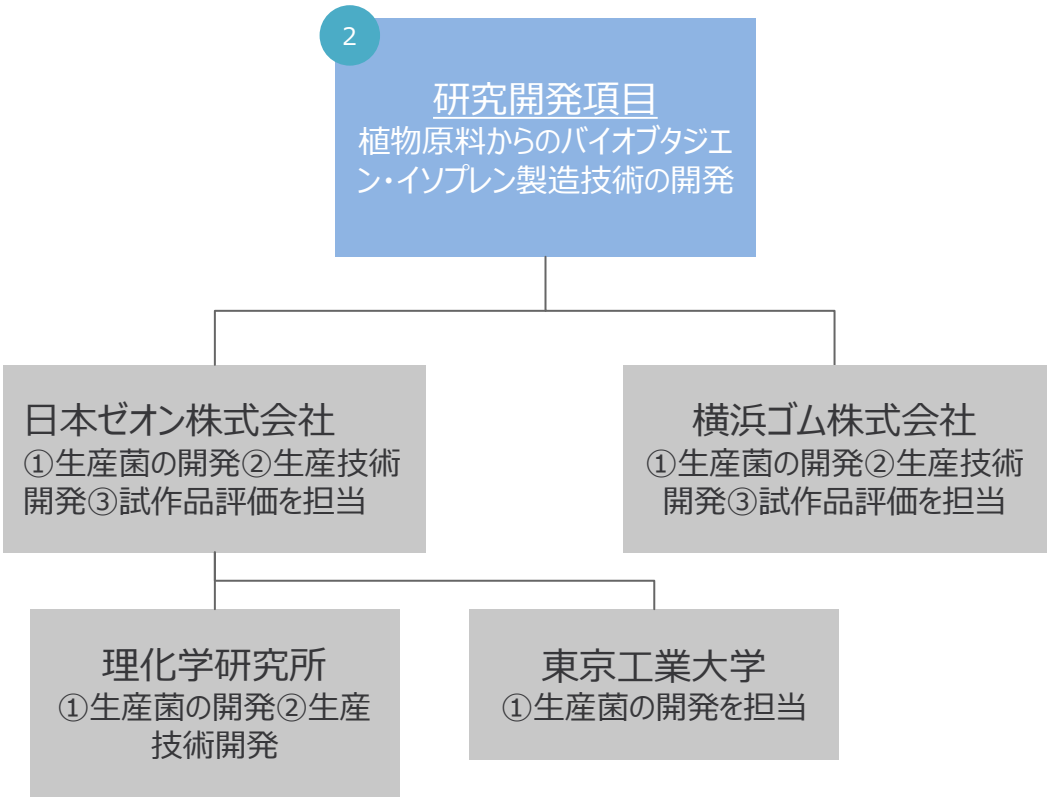
・日本ゼオンと横浜ゴムは、いずれも研究員を産総研に派遣し産総研で実施しております。日常ではお互いに協力し合っております。また、登録メンバーが月一回テクニカルミーティングを実施し、お互いの進捗の情報交換をし、良いものを融通し合っております。

・日本ゼオンは産総研と共同で、二段階プロセス用の酸化物系触媒開発を担当し、横浜ゴムも産総研・日本ゼオンと協力して、一段階プロセス用の酸化物系触媒の開発を担当して進めております。

2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

② 各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目② 全体の取りまとめは、日本ゼオン株式会社が行う。
- 日本ゼオン株式会社は、①生産菌の開発②生産技術開発③製品化試作のうち合成ゴム試作を担当する
- 横浜ゴム株式会社は、①生産菌の開発③製品化試作のうちタイヤ試作を担当する

研究開発における連携方法

- 理化学研究所、東京工業大学は、①生産菌の開発②生産技術開発を担当する
- 研究実施場所として、理化学研究所を想定し、①生産菌の開発②生産技術開発を行う
- 各社のリソースを集中して、情報共有を密にして効率的に研究開発活動を行う

中小・ベンチャー企業の参画

- 情報収集を適宜行い、社会実装に必要となる中小・ベンチャー企業があれば、参画の検討を行う

・理研が大腸菌を用いて検討し、東工大は酵母を用いております。日本ゼオンと横浜ゴムは、いずれも研究員を理研に派遣し、理研で実験を進めております。日本ゼオンは、生産性の高い生産菌の開発を担当し、横浜ゴムは、5ℓ培養槽で生成したブタジエンの捕集法検討を担当しております。理研、日本ゼオン、横浜ゴムの研究者は理研で協力し合い、登録メンバーは月一回テクニカルミーティングで情報交換と共有化をしております。

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

① 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性(緑字)・リスク(赤字)
① エタノールからの高効率ブタジエン合成	①触媒活性の向上	<ul style="list-style-type: none">超超プロで構築した触媒開発プラットフォームによる触媒の高活性化ハイスループットシステムの活用生成したブタジエンの精製技術10年間の基礎研究	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none">世界トップレベルの触媒活性実現触媒開発プラットフォームを産総研と開発ハイスループットシステムを使った触媒開発競合メーカーによる開発
	②スケールアップ検討（開発触媒の実用性向上）	<ul style="list-style-type: none">マイクロシステムを用いたキネティックデータ取得ラボデータの活用（触媒の実用化）と生成物の捕集・精製・重合	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none">既存の装置（一部）を使える高度なエンジニアリング技術
	③プラント実証検討	<ul style="list-style-type: none">ベンチ装置データを用いたエンジデータ取得プラント管理技術	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none">ラボから一貫した技術展開高度なプラントエンジニアリング技術
	④製品実装の検討	<ul style="list-style-type: none">世界トップのブタジエン精製技術合成ゴム製造技術自動車用タイヤ製造技術	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none">世界トップレベルのブタジエン精製、ゴム製造技術とタイヤ製造技術を有する

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

② 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性(緑字)・リスク(赤字)
2 植物原料からのバイオブタジエン・イソプレン製造技術の開発	① バイオブタジエン、イソプレン生産菌の開発	<ul style="list-style-type: none">共同研究を通じて開発した、代謝経路生産性を向上させるため酵素改変技術ブタジエン、イソプレンの捕集・精製技術	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none">新規で短い代謝経路生産性を向上させた酵素確保 <div>→</div> <ul style="list-style-type: none">競合代謝生産品の開発 <div>→</div>
	② 発酵タンクによる生産技術の開発	<ul style="list-style-type: none">ブタジエン、イソプレンの捕集・精製技術バイオ生産エンジニアリングデータ採取	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none">新規な代謝経路 <div>→</div> <ul style="list-style-type: none">バイオ生産のノウハウがない <div>(⇒バイオファウンドリーの活用を想定)</div>
	③ 試作品評価による品質向上	<ul style="list-style-type: none">ブタジエン・イソプレンの精製プラント、重合技術タイヤ製品化及び性能評価技術	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none">世界トップレベルのブタジエン精製、ゴム製造技術とタイヤ製造技術を有する <div>→</div> <ul style="list-style-type: none">バイオ生産ノウハウがない <div>(⇒バイオファウンドリー/エンジ会社等の協業を想定)</div>

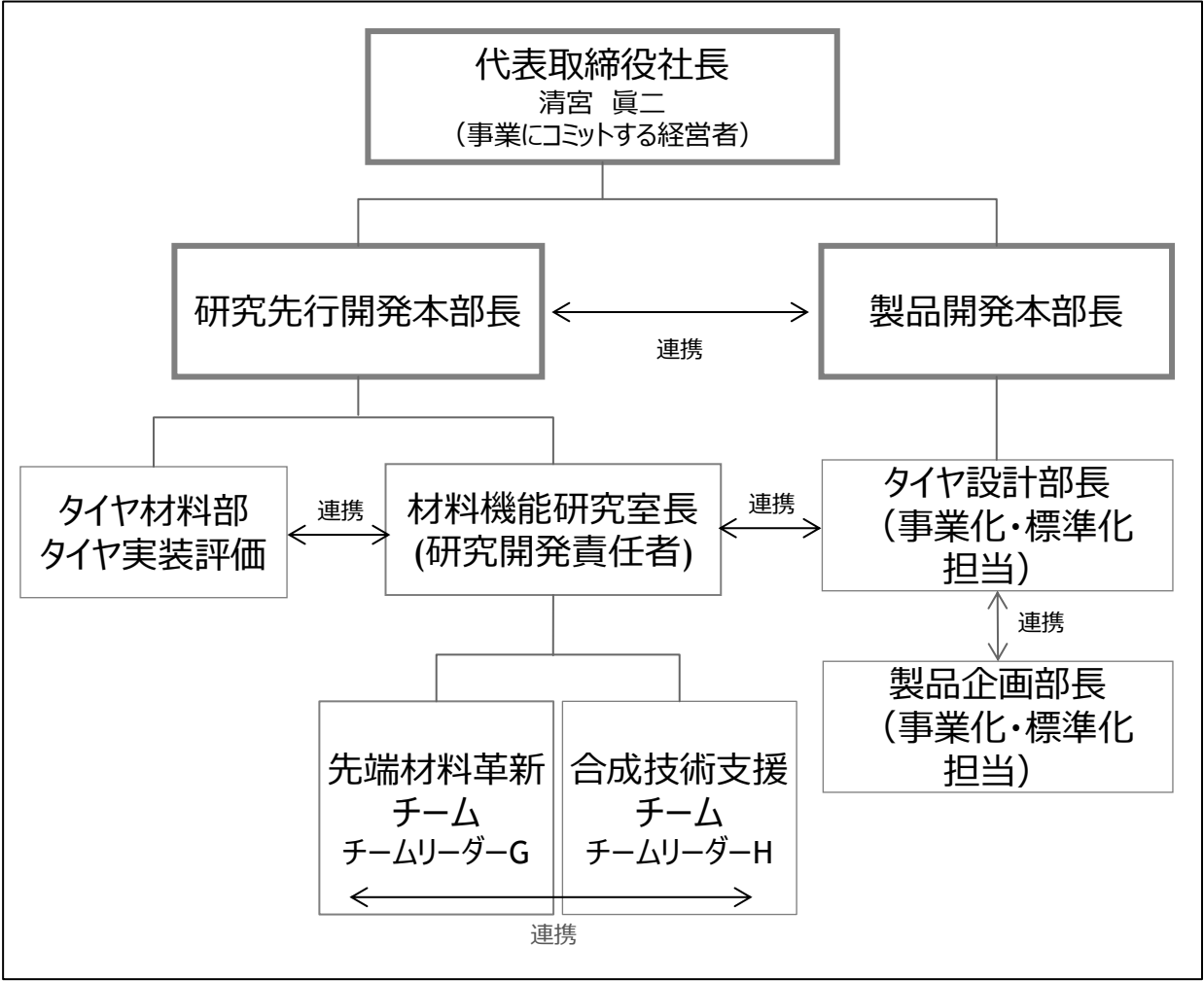
3. イノベーション推進体制

(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

経営者のコミットメントの下、専門部署に複数チームを設置

組織内体制図



組織内の役割分担

- 研究開発責任者と担当部署
- 研究開発責任者
 - 材料機能研究室長：研究開発の統括担当
 - 担当チーム
 - 先端材料革新チーム：触媒開発、バイオ技術開発を担当
 - 合成技術支援チーム：生成物の解析や精製を担当
 - タイヤ材料部：タイヤ実装評価を担当
 - チームリーダー
 - チームリーダーG：ETB触媒開発の実績
 - チームリーダーH：生成物分析や蒸留精製の実績
 - 社会実装/標準化戦略担当
 - タイヤ設計部長：事業化、タイヤの製品開発を担当
 - 製品企画部長：ユーザー情報取得、事業化、標準化を担当
- 部門間の連携方法
- タイヤ材料部は、実装フェーズ（N7以降）から参画
 - タイヤ材料部長は、材料性能に関し、常時研究開発責任者と連携
 - 製品企画部はタイヤ設計部と連携し、自動車メーカーニーズを取り込み事業化計画を立案、関連団体と協業しながら標準化にも取り組む
 - 先端材料革新チームおよび合成技術支援チームは、常時共同連携で進める

3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

経営者等によるグリーンイノベーション事業への関与の方針

経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ
 - 中期経営計画YX2023において、カーボンニュートラルへの取り組みと、サーキュラーエコノミーへの積極的な取り組みを宣言し、再生可能原料/リサイクル原料を2030年には30%以上、2050年には100%を目指すことを社長が発表。
 - 2022年度第2四半期決算説明では、ESG：環境に関連して、バイオマス由来のエタノールから合成したブタジエンゴムを使ってタイヤを試作し、米国の過酷なヒルクライムレースで完走したことを報告した。また、「統合報告書2023」を8月31日に発行し、当社のサステナビリティサイトで公開した。その中で、グリーンイノベーション事業での活動内容を報告した。
 - トップメッセージをホームページに掲載しているが、特に、「次の100年を見据えた新たな価値創造に取り組む「YX2023」」、「未来への思いやり」を実現するサステナビリティ経営を強調してリーダーシップを発揮している。
- 事業のモニタリング・管理
 - 経営層は、事業計画のKPIを理解し、その実現に向かって事業化が進んでいるかをチェックし、随時フィードバックしている。
 - 経営層は、必要があれば社外の有識者を紹介し、社内外から幅広く意見交換をし、課題達成の支援をしている。
 - 2023年1月の技術経営会議にて事業進捗の報告を受け、経営者が研究開発責任者等をフォローした。同年3月にも社長が研究開発責任者と面談し、当該事業に対してコメントした。社長が直接フォローできる体制を構築できている。
 - 技術部門幹部会にて毎月報告を受け、経営層が、事業の進め方・内容に対してコメントしており、事業部が対策を実施する体制を構築済み。

経営者等の評価・報酬への反映

経営者を含めた役員は年二回の方針発表をし、そこで評価される。役員方針は、サステナビリティ経営を念頭において作成される。その内容は、事業ごとに計画化され、事業担当役員がその遂行の責任を負う。

事業の継続性確保の取組

会社の持続的な成長と中長期的な企業価値の創出は、従業員、顧客、取引先、債権者、地域社会をはじめとする様々なステークホルダーによるリソースの提供や貢献の結果であることを十分に認識し、これらのステークホルダーとの適切な協働に努めている。取締役会・経営陣は、これらのステークホルダーの権利・立場や健全な事業活動倫理を尊重する企業文化・風土の醸成に向けてリーダーシップを発揮している。

取締役会は、開示・提供される情報が株主との間で建設的な対話を行う上で、の基盤となることも踏まえ、そうした情報（とりわけ非財務情報）が、正確で利用者にとって分かりやすく、情報として有用性の高いものとなるように努めている。

当社は、持続的な成長と中長期的な企業価値向上のためには、株主を含む投資家などと積極的な対話を行い、その意見や要望を経営に反映させ、当社を成長させていくことが重要であると認識している。そのため、IR・SR体制を整備し、当社の経営戦略や経営計画に対する理解を得るため、経営陣幹部が出席する決算説明会を年4回行うなど、株主や投資家への積極的な情報発信に努めている。（以上、コーポレートガバナンス基本方針からの抜粋）

3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

経営戦略の中核にサステナビリティ経営を位置づけ、企業価値向上とステークホルダーとの対話を推進

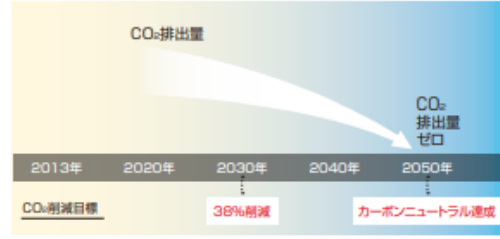
コーポレート・ガバナンスとの関係

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
 - 中期経営計画YX2023において、カーボンニュートラルへの取り組みと、サーキュラーエコノミーへの積極的な取り組みを宣言し、再生可能原料/リサイクル原料を2030年には30%以上、2050年には100%を目指す。
- 経営戦略への位置づけ、事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、研究開発計画に関連する事業戦略を経営戦略に位置づけ、取締役会で意向決定した。
 - 事業計画を各事業部で作成し、全社一丸で進めている。
 - 実施状況を経営層のフォローによりチェックし、技術経営会議にて報告し、当該事業が計画通りに進行していることを確認した。また、社会実装に向けて、生産技術開発を加速させる検討を行うこととした。
 - 技術部門幹部会にて決定されたことは、事業部全体に周知徹底し、双方向の開発体制により対応している。
 - 全社で決定された事業戦略や事業計画は、実施部門の研究開発計画に反映され、齟齬のない取り組みを実施している。
- コーポレートガバナンスとの関連付け
 - 「企業理念」の下に健全で透明性と公平性のある経営を実現するコーポレートガバナンス体制を築き、さらにこの体制の充実と強化に努めている。これにより、企業価値の継続的な向上が図れる経営体質とし、全てのステークホルダーから「ゆるぎない信頼」を得られる経営を目指している。

ステークホルダーとの対話、情報開示

- 中長期的な企業価値向上に関する情報開示
 - 「統合報告書2023」を8月31日に当社のサステナビリティサイトで公開した。
 - 本報告書は国際会計基準（IFRS）財団が提唱する「国際統合報告フレームワーク」や経済産業省の「価値協創ガイダンス」を参考とし、ステークホルダーの皆さまの視点を重視し編集した。

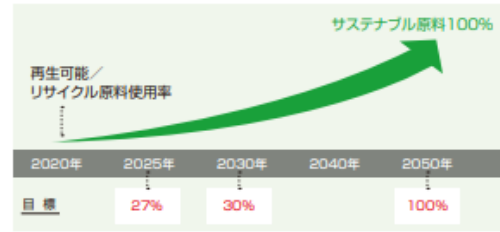
■ 2050年カーボンニュートラルへのロードマップ



■ 環境中長期目標

カーボンニュートラル	● 2030年に自社活動によるCO ₂ 排出量を2013年度比38%削減 ● 2050年に自社活動のCO ₂ 排出量ネットゼロ(カーボンニュートラル)を達成
サーキュラーエコノミー	● 2030年に再生可能/リサイクル原料使用率30%以上 ● 2050年にサステナブル原料100%
自然との共生	千年の社活動における2030年までの植樹・苗木提供数累計130万本

■ サーキュラーエコノミーのロードマップ



- 企業価値向上とステークホルダーとの対話
 - 統合報告書にて創出する価値は、経済的価値（中期経営計画目標）と社会的価値（ステークホルダーへの提供価値）を重視しており具体的な目標を位置づけている。
 - 「自動車社会とタイヤの未来」について、日本EVクラブ代表 館内端氏と対談:「自動車を巡るエネルギーと環境の問題に対して、これほど熱心に取り組んでいるのは、私の知る限りカーメーカーも含めて横浜ゴムだけです。」³³

3. イノベーション推進体制／（4）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

機動的に経営資源を投入し、社会実装、企業価値向上に繋ぐ組織体制を整備

経営資源の投入方針

- 全社事業ポートフォリオにおける本事業への人材・設備・資金の投入方針
 - 統合報告書において、環境負荷低減への貢献のマテリアリティ（重要課題）として炭素資源循環型の合成ゴム基幹化学品製造技術の開発を示している。
 - 社内の人事異動により、研究開発責任者の元に7名の研究員を配置、更に、派遣社員1名雇用し、触媒及び生産菌の研究開発体制を構築
 - 平塚に触媒評価設備を導入し、効率的に開発を推進できるようにした。X線評価装置や蒸留装置、重合用反応釜の導入により開発を平塚事業所で完結できるようになり、効率的な人的運用が可能になった。
 - 本事業でつくったブタジエンゴムを、独自の資金を使い社内の試作ラインでタイヤまで製作し米国でのヒルクライムレースにタイヤを提供し、タイヤとしての耐久性が問題ないことを確認した。
- 積極的な経営資源投入、実施体制の柔軟性確保
 - 当初導入を予定した触媒評価装置の他に、簡易触媒評価装置を稼働させ、触媒評価のスクリーニング評価能力を向上。急増しているサステナブル原料の開発要求に早期に対応すべく、開発を加速させている。
 - 社内の分析装置や試験装置を有効に活用し、タイムリーに評価できるようになった。また、上記記載のように機動的に経営資源を活用し、タイヤ製作のために工場設備を使い、評価のためにグループ全体の支援を受けて実施できた。
 - 実際にタイヤを製作・走行評価したことにより、社会実装の可能性を具現化でき、企業価値向上に役立てた。

専門部署の設置と人材育成

- 専門部署の設置
 - 材料機能研究室長を研究責任者として、その下に、先端材料革新チームと合成技術支援チームの二つの専門チームを配置する。この組織はCTOの研究先行開発本部長の直下に置く
 - 専門部署はタイヤ材料だけではなく、社内の他事業部門とも連携し、全社への水平展開する機動力を持たせる。
 - 2022年1月に、カーボンニュートラル技術開発を推進する「環境技術タスク」を設置。グリーンイノベーション事業の研究開発責任者も同タスクメンバーとなり、相互に連携して活動を推進する体制を構築している。
- 若手人材の育成
 - 2050年にもらみ、若手の積極的な参加を促し、若手自らの未来技術を自分たちで作る場を積極的に提供する。若手社員の配置ローテーションの一つとして組込み、個々人の適性を見極め、適性の高い者を専門家として育成する。同時に、社内の有識者を加えた融合型の組織にし、積極的な技術戦略と人材育成をする。
 - 理研や東工大、産総研との共同で、先生方やスタッフとの交流を通して、身近な教育指導を受け、触媒や培養技術の習得をし、研究者も急速に力をつけることができた。千葉大 佐藤先生や高エネ研 小澤先生からの学術指導にも若手を参加させている。
 - 学会や講演会にも若手研究員を積極的に参加させてた。2023年3月にドイツで開催されたTire Techに参加し、現地の合成ゴムメーカーや大学を訪問し、技術的な議論と情報収集を行った。

基本理念：心と技術をこめたモノづくりにより幸せと豊かさに貢献します

地球環境のために

豊かな自然を次世代へ
伝えます

- 生物多様性保全
 - 金目川流域（平塚市）
 - 神奈川県栽培漁業協会
- 社会貢献

地域社会と共に

共に生き、ゆるぎない信頼を
築きます

人とのつながり

共に高め合い笑顔を
広げます

カーボンニュートラル

新車装着タイヤ：製品製造時のCO₂排出ゼロ

サーキュラーエコノミー

モータースポーツタイヤ：サステナブル原料使用拡大

自然との共生

- YOKOHAMA千年の杜
- 持続可能な天然ゴム調達

- 人権尊重
- ダイバーシティ&インクルージョン
- 働き方改革
- 人材育成
- 労働安全衛生

製品を通して

安心と楽しさを持続的に
届けます

高付加価値の提供

高品質＋高性能＋サステナブル



コーポレートガバナンス

グローバル化する社会的
課題に正しく対処するための
基盤を強化します

- 中期業績連動報酬制度
- 取締役会の多様性
- リスクマネジメント強化
- コンプライアンス体制強化

参考資料：横浜ゴムのサーキュラーエコノミーのロードマップ



4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、本技術の優位性が低下した場合には事業中止もあり得る

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 触媒活性・寿命/代謝活性化の目標未達
→外部有識者等のヒアリング等を実施し、弾力的に研究施策を追加して、達成を追求する。プロセス方法に関しても、外部機関を活用して課題を早期に解決するように進める。
- 知財に関する問題
→特許を定期的に監視し、問題になりそうな特許は早期に対処するようにする。また、開発した技術は排他的に活用できるようパテント網を構築する。
- 実機プラントへのインテグレートが困難
→早期にエンジニアリング部門と連携し、課題を先取りし解決する。

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 不況等による気候変動対策減退リスク
→気候変動リスク対策が、長期的視野にたつて優位性であることを訴求し、事業の存在意義を高めていく。
- コスト増加の価格転嫁が困難
→カーボンプライシングや規制によるリスクを訴えつつ、顧客のCO₂削減効果と消費者・社会ニーズをとらえた製品であることを、正確にかつこまめに訴える。
- CO₂削減効果が少ない
→LCA評価を適宜実施し、課題となる工程について、重点的に検討できるように進める。

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 徳山/水島コンビナート被災によるリスク
→ 他地点での実用化を検討する。
- つくば地域の災害により研究開発が止まる
→できるだけ、分散し平塚でも実施できるようにする。



- 事業中止の判断基準：
 - ・KPIに定めた目標が達成できなく、かつ今後解決の方策が認められない場合
 - ・経営環境の悪化等により、資金面から事業遂行上推進が不可能と経営が判断した場合
 - ・他社との優位性（知財、技術、顧客）が失われ、市場から撤退すると経営が判断した場合