

# 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：日本ゼオン株式会社（幹事企業）

代表名： 代表取締役社長 豊嶋 哲也

---

（共同実施者（再委託先除く）：横浜ゴム株式会社）

# 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。**

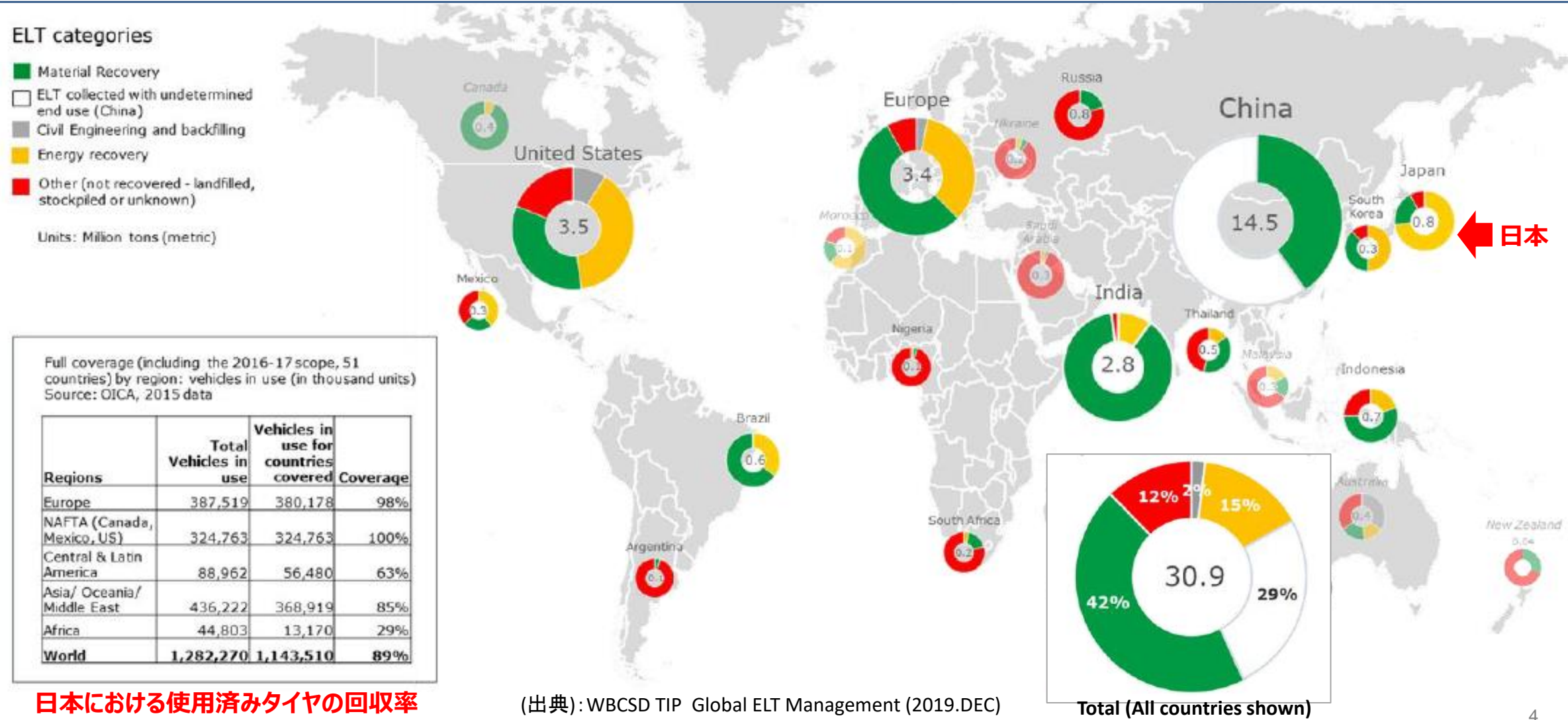
**化学産業**：雇用86万人(日本)  
出荷額は約40兆円（全製造業の約14%）  
**合成ゴム産業**：雇用11万人(日本)  
出荷額は約3兆円

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）

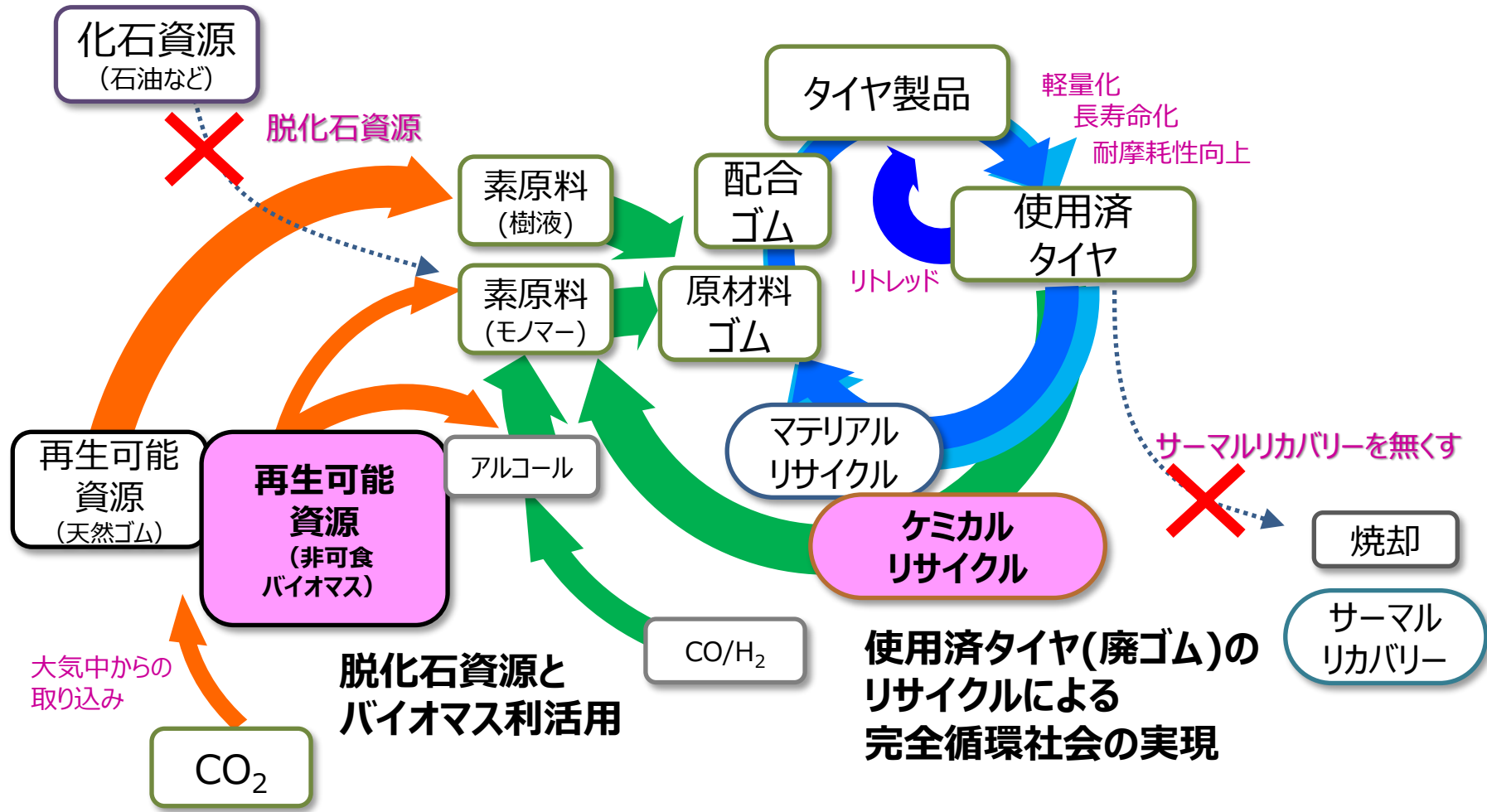
**現状以上の合成ゴム素材が必要となり、タイヤ/合成ゴム業界一体での原材料の確保が、タイヤ/合成ゴム産業の競争力強化、市場拡大に非常に重要である。**

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



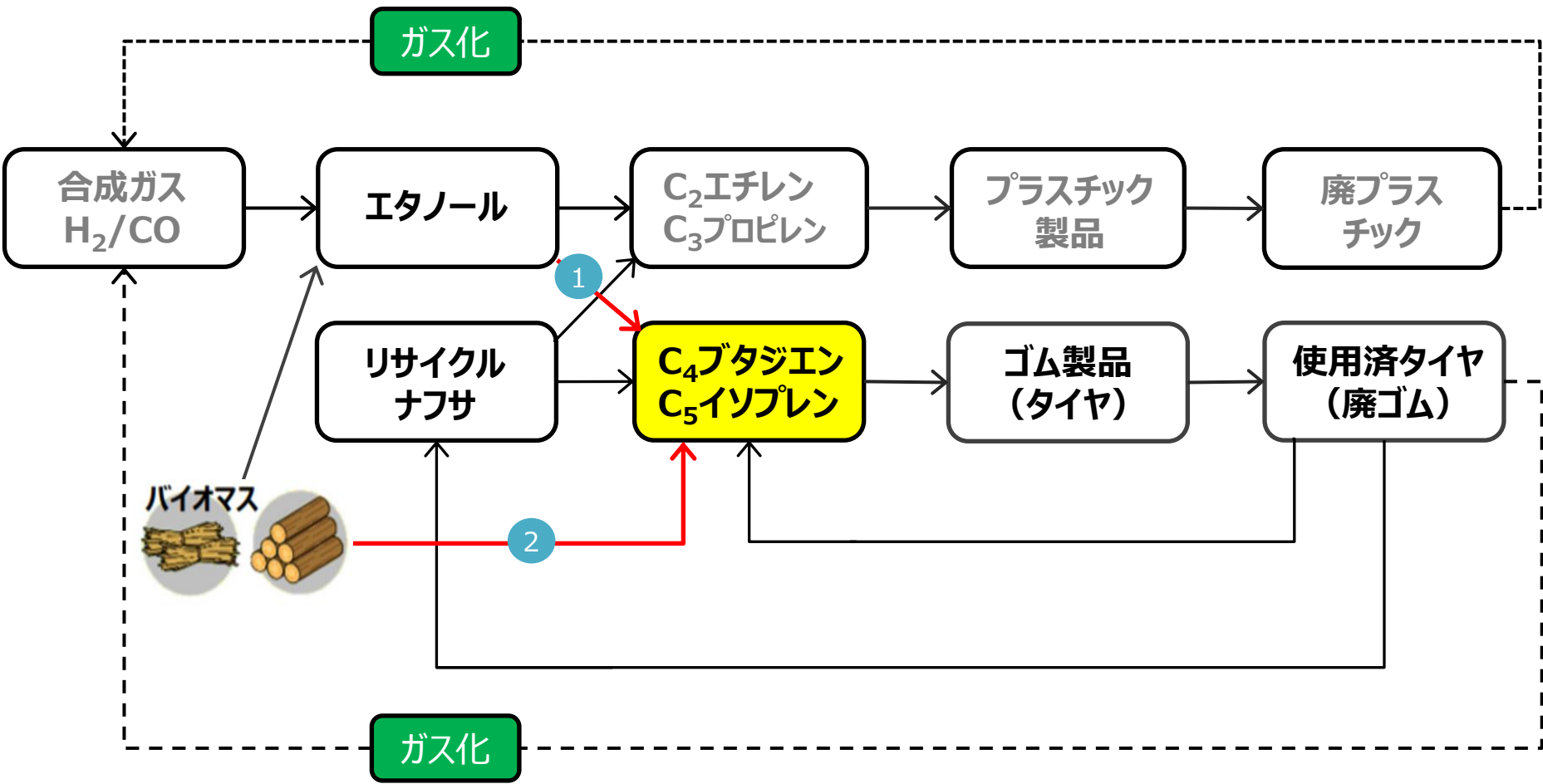
ケミカルリサイクル・再生可能資源を活用してタイヤ/合成ゴム産業の資源循環とカーボンニュートラル化を目指す

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

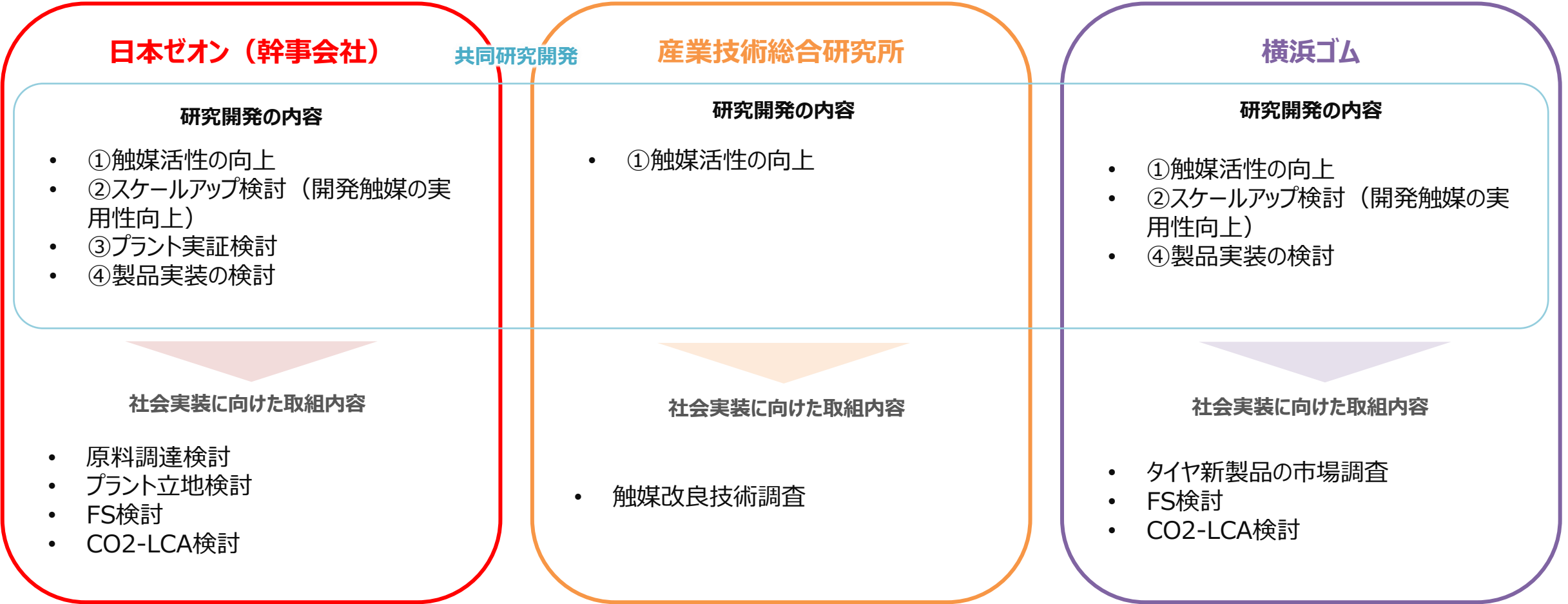
GI基金申請の枠組み：炭素資源循環型の合成ゴム基幹化学品製造技術の開発  
タイヤ/合成ゴム産業の資源循環実現に向けて重要な研究開発テーマを推進する



- 研究開発テーマ①  
1 エタノールからの  
高効率ブタジエン合成  
ZEON YOKOHAMA
- 研究開発テーマ②  
2 植物資源からのバイオ  
ブタジエン、イソプレン製造  
技術の開発  
ZEON YOKOHAMA

※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

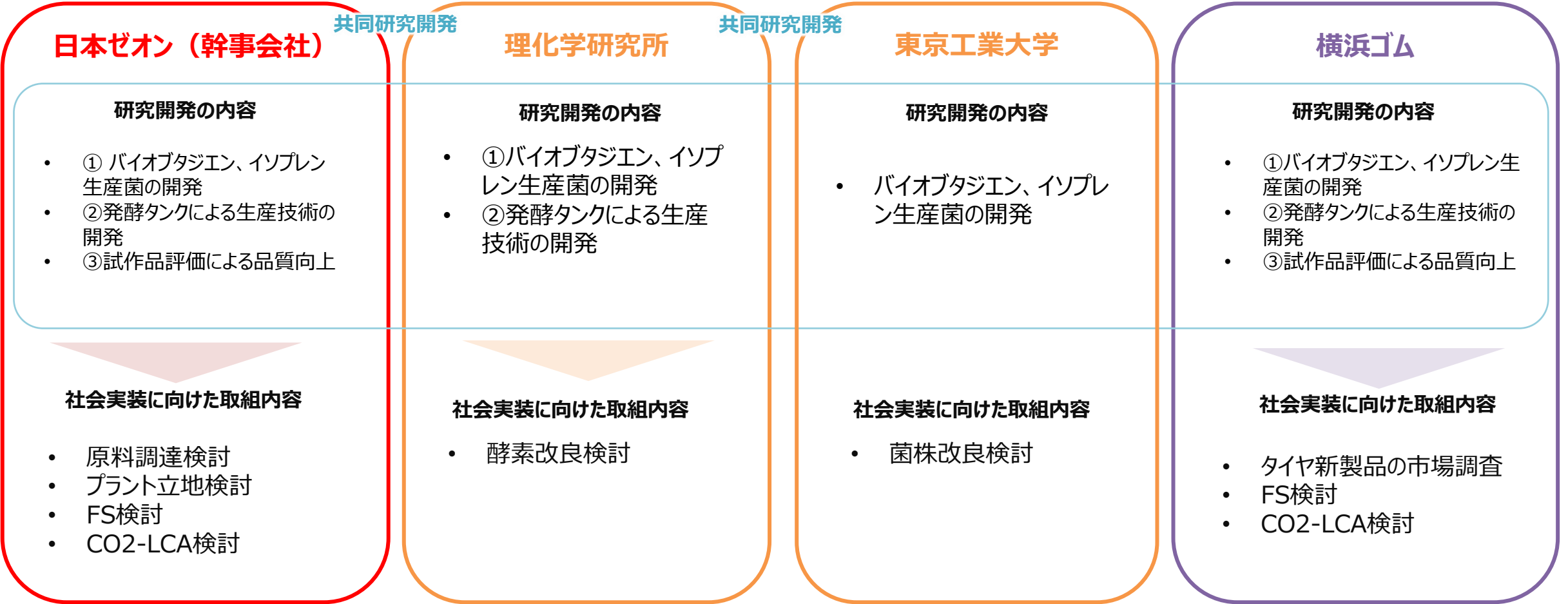
研究開発テーマ① エタノールからの高効率ブタジエン合成



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

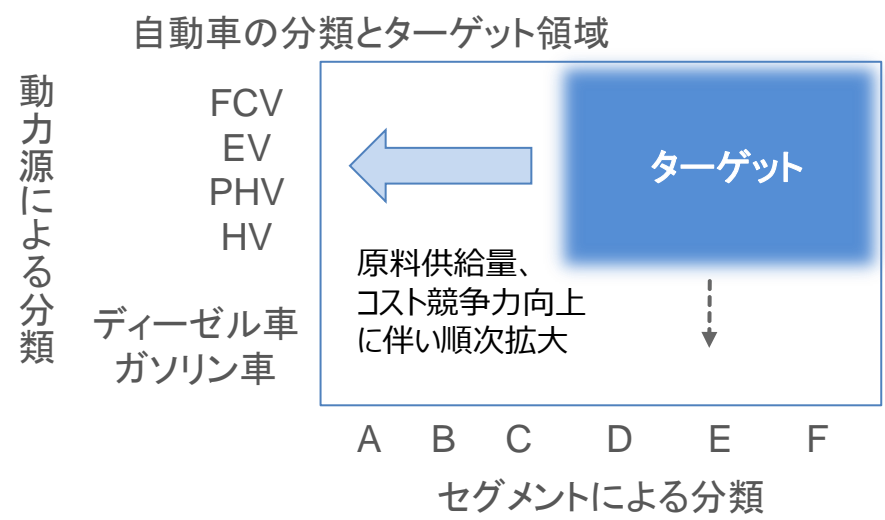
#### ● 当該変化に対する経営ビジョン：

「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、CO<sub>2</sub>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	

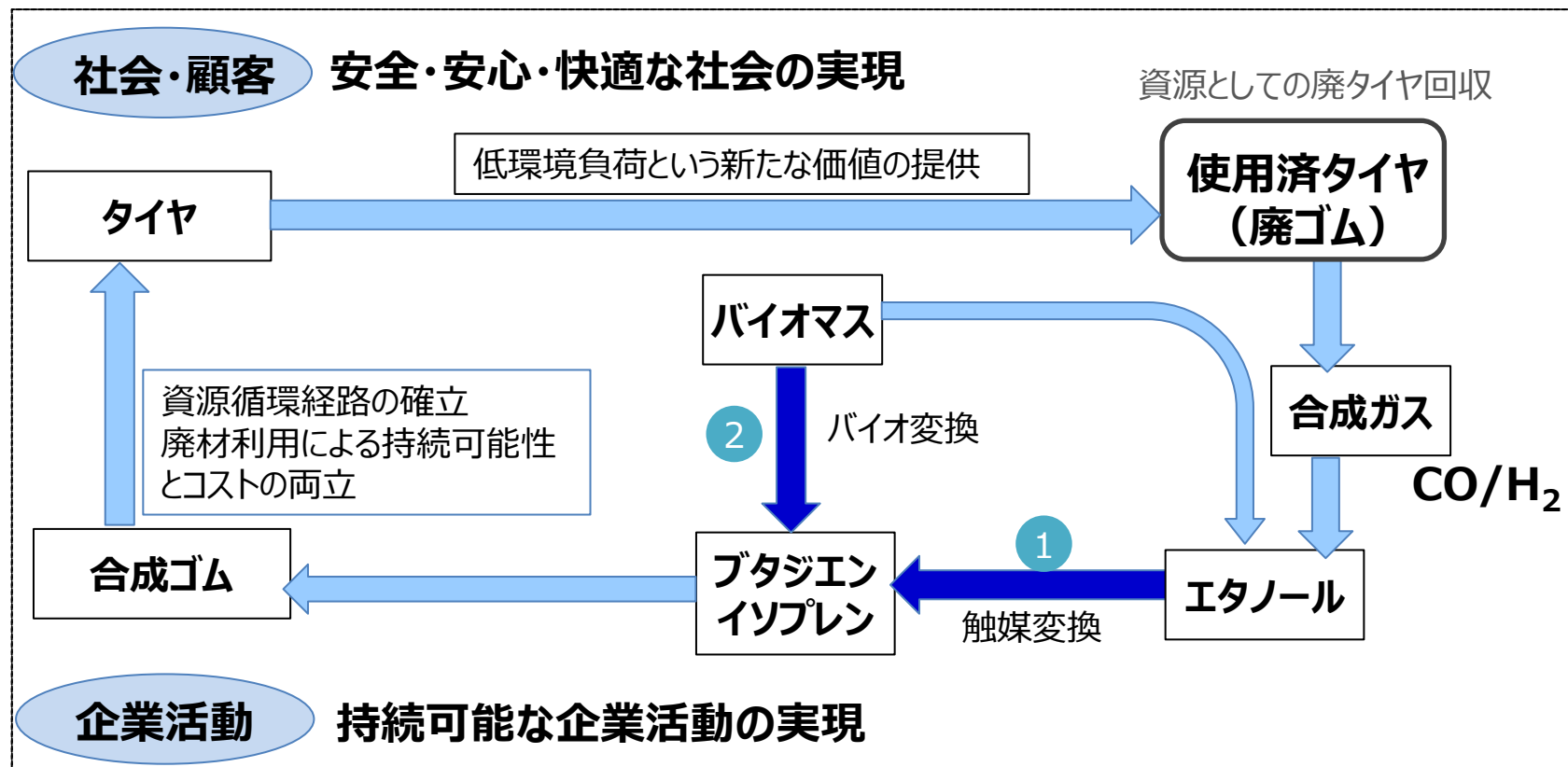
# 1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

## タイヤ/合成ゴムの資源循環を、再生可能資源からC4/C5製造技術を確立し、カーボンニュートラル（CN）な製品へ転換する事業を拡大

### 社会・顧客に対する提供価値

- 性能とCNを両立したタイヤ/合成ゴム素材の提供
  - サステナビリティ社会にも不可欠な材料である、タイヤ/合成ゴム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る供給安定性を向上

### 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



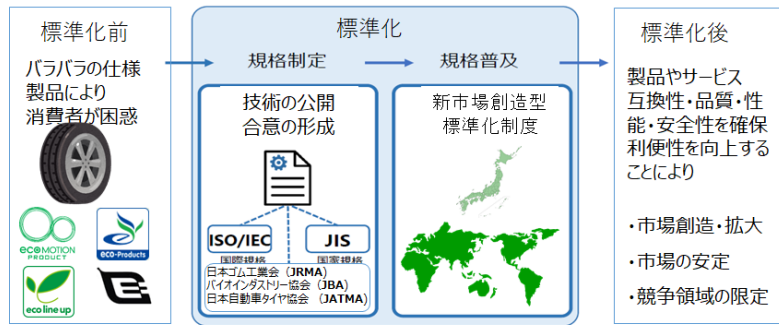
- 再生可能資源から合成ゴム基幹化学品であるブタジエン・イソプレンを製造する技術を実現
- 従来の価格交渉に“タイヤ回収権”も加えた取引や、新たな取引形態（サブスクリプションビジネスなど）への移行 ⇒ 価値にフォーカスしたビジネス展開

# 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-CO<sub>2</sub>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-CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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を展開し、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-CO<sub>2</sub>に関する検討も活発化
- ケミカルリサイクルに関するLC-CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>排出量に対して排出枠を定める排出量取引制度等、CO<sub>2</sub>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）

- CFP-TOMO®を活用し自社製品のCO<sub>2</sub>排出量の算定実施。
- GXリーグ参画(2023.05)
- 再生可能原料/リサイクル原料のISCC＋認証取得(国内4工場)。
- GHG排出量削減目標についてSBTイニシアチブより認定

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（※推進体制については、3.(1)組織内の事業推進体制に記載）

#### 標準化戦略

- 4社（ブリヂストン、ENEOS、日本ゼオン、横浜ゴム）共通となる原料の原単位については、4社協働でLCAを検討。
- LC-CO<sub>2</sub>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-CO<sub>2</sub>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

C4/C5精製技術と合成ゴム製造技術を持ち合わせる強みを活かして、廃ゴムの循環とバイオ原料からゴム製造のサプライチェーンを構築し、社会・顧客に対して環境負荷の低いゴム素材の価値を提供

## 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

- 高性能なサステナブル素材
- 石化資源に頼らない素材の循環システム

⇒日本の合成ゴム産業の国際競争力維持し、雇用、利益を持続的に確保する。

### 自社の強み

- 多様なC4、C5留分活用技術と製品開発力
- 長年にわたるタイヤ素材の研究・開発

### 自社の弱み及び対応

- 脱石化によるC4、C5留分の減少  
→非化石原料由来の製品開発にシフト

### 自社

#### 技術

- (現在)C4/C5を用いた多岐にわたる製品
- ↓
- 使用済みタイヤケミカルリサイクル技術の確立
  - 再生可能資源からC4/C5製造技術確立

#### 顧客基盤

- 他の日系と比較して欧州メーカーとの取引が多い

#### サプライチェーン

- 原料精製～合成ゴム製造、販売実績
- ↓
- 使用済みタイヤなどの循環を構築（国内外）し、競争力維持と雇用・利益を確保。

#### その他経営資源

- 日本とシンガポールに製造拠点

### 競合 Kumho

- 合成ゴムとサステナブルシリカの複合材

- 韓国系タイヤメーカー
- 低価格で大手のシェアを徐々に獲得

- 自社系列の原料ソースから、合成ゴム化～タイヤ製造までの製造

- 韓国に1拠点

### 競合 Synthos (Trinseo)

- 日系と同等レベルの技術
- リサイクルベースモノマー使用でリード

- Continentalが最大手顧客
- アジアへ販路を拡大している

- 欧州域内において、原料ソースのサステナブル化を加速

- 欧州に複数拠点

# 1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

## 10年間の研究開発の後、2034年の事業化、2040年代での投資回収を想定

### 投資計画

本事業終了後も5年程度研究開発を継続し、2034年の本プラント完工、事業化を目指す。

	研究開発				事業化		投資回収
	→				▼		▼
	2021年度	...	2030年度	...	2034年度	...	204×年度
売上高				2030年には、パイロット品による合成ゴム試作品を製造 2034年には、製造設備が完工、生産開始し市場へ本格投入			
研究開発費	エタノールtoブタジエン、バイオ法の研究を推進 2029年度パイロット設備完工、事業化判断 (研究費総額88億円)			継続してコストダウン、プロセス改良に向けた研究を進め、競争力 維持強化を進める			
取組の段階	研究開発の開始		パイロット設備での 検証完了		事業化		投資回収
CO <sub>2</sub> 削減効果 (t-CO2/y)	-	...	-	...	220kt		



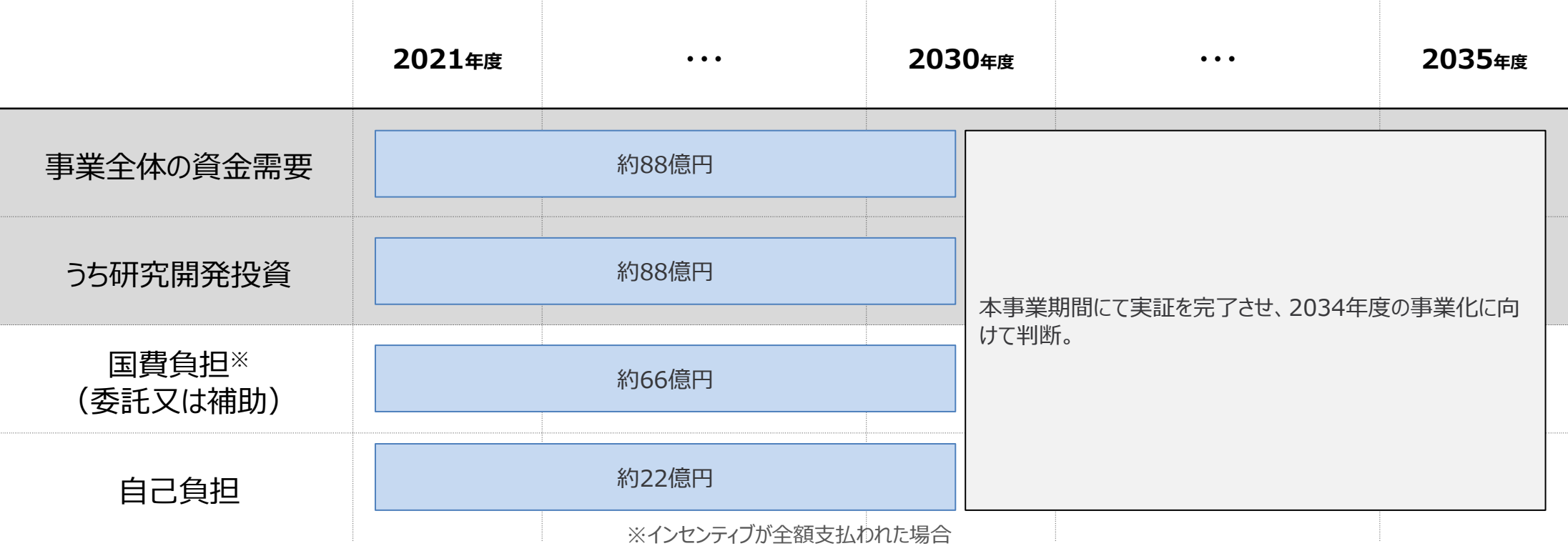
# 1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

## 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	<ul style="list-style-type: none"><li>社内外の知識を横断的に収集するよう、組織横断的な研究体制を構築済み。</li><li>顧客ニーズの情報収集を事業部・経営企画部と連携して行い、事業計画へ活かす。</li><li>知財戦略に関しては、開発案件を確り特許化しつつ、類似技術の特許監視を強化し、社会実装の水路を確保する。一方、確保した知財をライセンス展開を視野に入れる。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>生産設備において、エネルギー効率を最大限にするプラント設計とする。</li><li>コンビナート連携を重視し、自社の重合プラントとのロケーションに親和性の高い、川崎または徳山、シンガポールを候補地として検討する。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>顧客とのパイプを最大源活かし、非化石原料比率向上による価値を、顧客とともに消費者・エンドユーザーにプロモーションを行い、共感を得ながら、適切な価格設定とする。</li><li>当社の基盤モノマーであることから、他収益性を見込める事業への適用も進め、ゼオン事業のCNを進めつつ、コスト受容性を高め社会実装の実現を図る。</li></ul>
進捗状況	<ul style="list-style-type: none"><li>社内設計部門、事業部部門と連携開始。ベンチ設備の設計およびブタジエンゴムの試作計画を立案し進めている。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>社会実装に向けて、バイオエタノールの調達を商社とパイロットまでの量で確認できている。また、コンビナートでの調達連携での可能性も検討中。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>製品の再生可能資源化の顧客ニーズを事業部にて継続実施。CO2削減の有効性を評価いただけるよう、製品製造に係るCO2排出量算定を完了した。</li></ul>
国際競争上の優位性	<ul style="list-style-type: none"><li>触媒開発においては、これまでの社内プラントの実装知見を活かしつつ、社外コンサルタントも活用して完成度を上げることが可能。</li><li>C4,C5技術の取り扱いはこれまでのKnow howを活かし、最適なプロセスを構築可能。</li><li>社内組織による、ベンチャーや大学・研究機関の最新技術を常にウォッチする仕組みあり。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>すでに保有しているC4,C5分離装置へのインテグレートにより、設備投資額の大幅な削減と、CO2量削減を見込む。</li><li>重合設備において、自社内の検討において大幅なCO2削減を見込み、本事業の研究開発と組み合わせることで、排他的な優位性を得ることが可能と見込んでいる。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>顧客とのパイプを最大源活かし、本コンソーシアムを基盤として、日本のゴム産業一体となってゴム産業全体のサーキュラー社会実装を進めることが可能。</li></ul>

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、事業期間内に約22億円程度の自己負担を予定



## 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"><li>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</li><li>ベンチ装置のためのキネティックデータ取得</li></ul>	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"><li>ベンチ設備による触媒評価と最適化</li><li>触媒高活性化と劣化防止</li><li>ブタジエンの捕集と精製プロセス開発</li><li>本プラント設計のためのエンジデータ取得</li></ul>	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"><li>設備稼働とエンジデータ取得</li><li>触媒活性維持と劣化抑制</li><li>ブタジエンの捕集と精製、重合確認</li><li>エタノールの供給（合成ガス・バイオマス）</li></ul>	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"><li>重合方法の改良</li><li>タイヤ製品試作による検証</li><li>LCA評価と事業性検討</li></ul>	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

研究開発テーマ		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"><li>安定的かつ生産性の高い菌株開発<ul style="list-style-type: none"><li>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</li></ul></li></ul>	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"><li>生産プロセスの最適化<ul style="list-style-type: none"><li>バイオファウンドリの活用</li><li>効率的な生成物の分離プロセス開発</li></ul></li><li>LCA評価</li></ul>	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"><li>重合方法の改良<ul style="list-style-type: none"><li>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</li><li>方式② バイオ副産物の除去検討</li></ul></li></ul>	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><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><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>



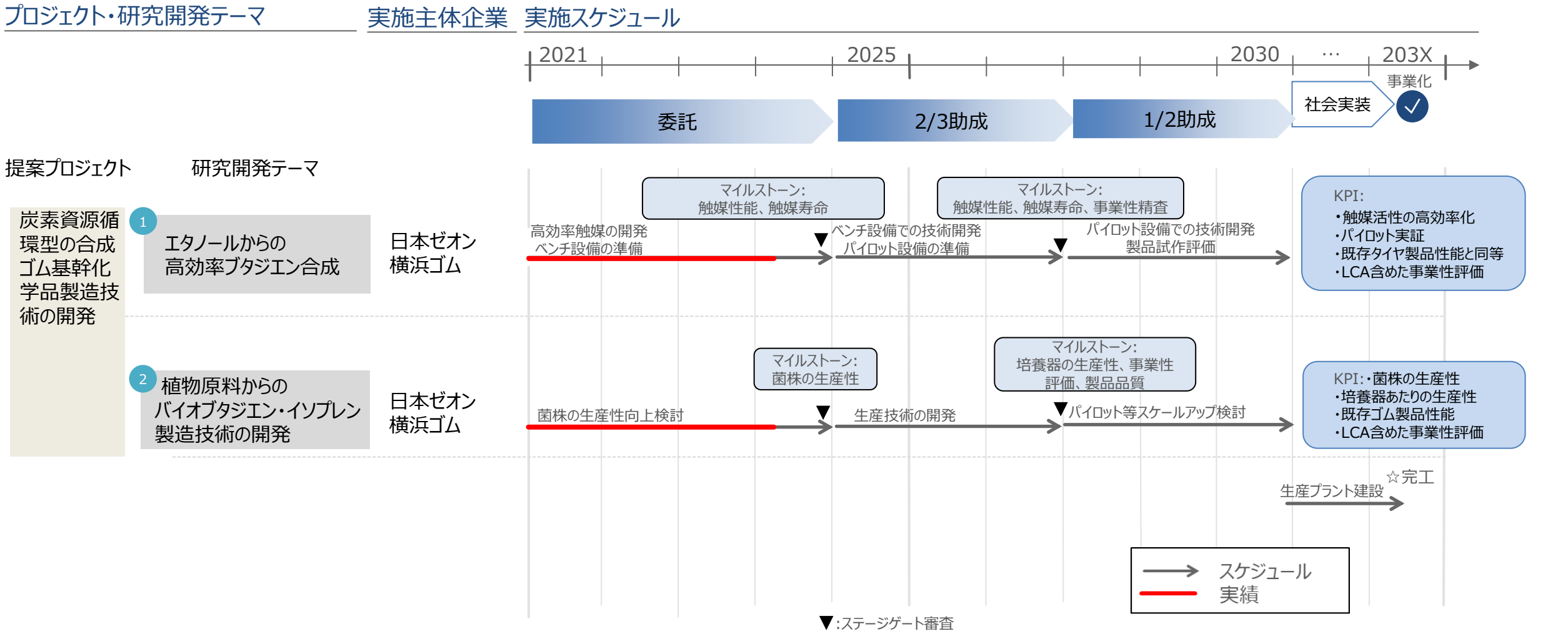
## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

### 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

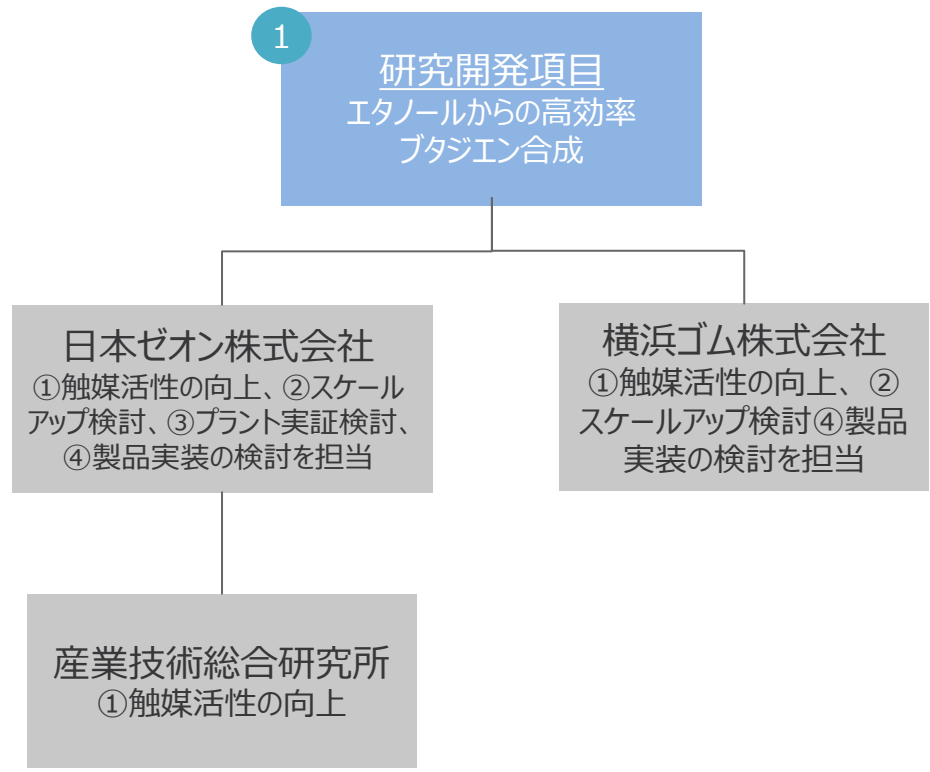
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



## 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・ベンチャー企業等の参画

- 情報収集を適宜行い、事業戦略遂行・社会実装に向けて必要と判断した場合、中小・ベンチャー企業等の本体制への追加の参画を検討する。

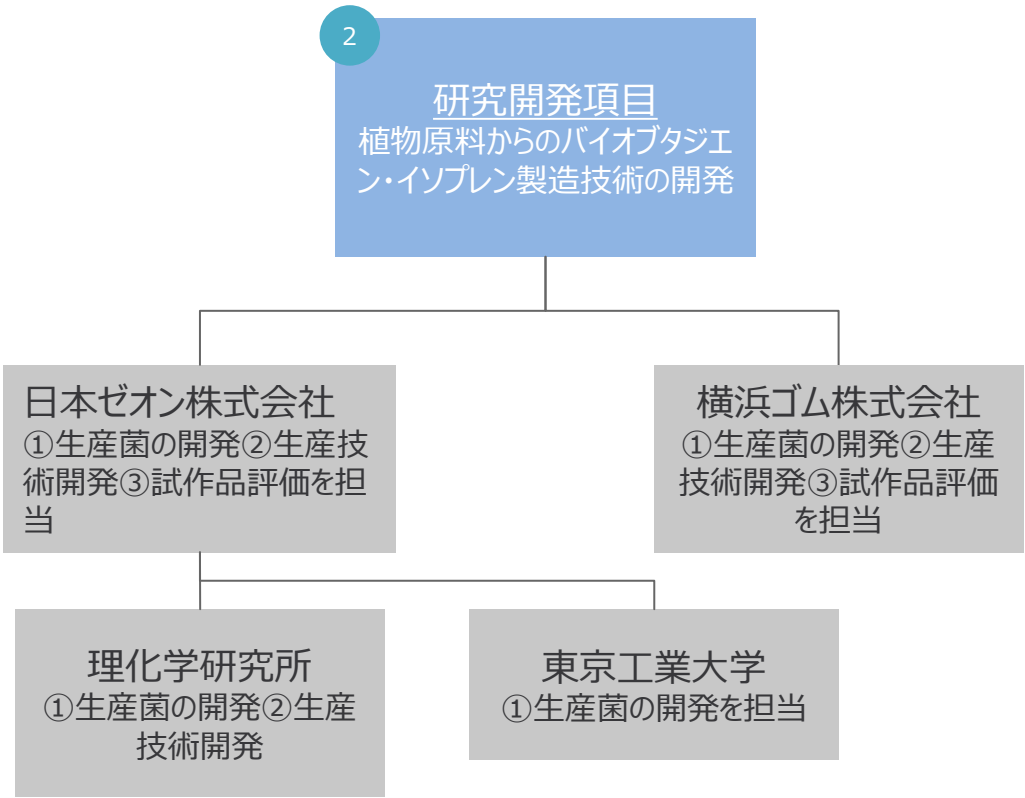
・日本ゼオンと横浜ゴムは、いずれも研究員を産総研に派遣し産総研で実施しております。日常ではお互いに協力し合っております。また、登録メンバーが月一回テクニカルミーティングを実施し、お互いの進捗の情報交換をし、良いものを融通しあっております。

・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、事業戦略遂行・社会実装に向けて必要と判断した場合、中小・ベンチャー企業等の本体制への追加の参画を検討する

・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(緑色)・リスク(赤色)
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"><li>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</li><li>ハイスループットシステムの活用</li><li>生成したブタジエンの精製技術</li><li>10年間の基礎研究</li></ul>	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>世界トップレベルの触媒活性実現</li><li>触媒開発プラットフォームを産総研と開発</li><li>ハイスループットシステムを使った触媒開発</li><li>競合メーカーによる開発</li></ul>
	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"><li>マイクロシステムを用いたキネティックデータ取得</li><li>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</li></ul>	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>既存の装置（一部）を使える</li><li>高度なエンジニアリング技術</li></ul>
	③プラント実証検討	<ul style="list-style-type: none"><li>ベンチ装置データを用いたエンジデータ取得</li><li>プラント管理技術</li></ul>	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>ラボから一貫した技術展開</li><li>高度なプラントエンジニアリング技術</li></ul>
	④製品実装の検討	<ul style="list-style-type: none"><li>世界トップのブタジエン精製技術</li><li>合成ゴム製造技術</li><li>自動車用タイヤ製造技術</li></ul>	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>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</li></ul>

## 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(緑色)・リスク(赤色)
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"><li>共同研究を通じて開発した、代謝経路</li><li>生産性を向上させるため酵素改変技術</li><li>ブタジエン、イソプレンの捕集・精製技術</li></ul>	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>新規で短い代謝経路</li><li>生産性を向上させた酵素確保</li></ul> <div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>競合代謝生産品の開発</li></ul> <div>→</div>
	② 発酵タンクによる生産技術の開発	<ul style="list-style-type: none"><li>ブタジエン、イソプレンの捕集・精製技術</li><li>バイオ生産エンジニアリングデータ採取</li></ul>	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>新規な代謝経路</li></ul> <div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>バイオ生産のノウハウがない</li></ul> <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"><li>ブタジエン・イソプレンの精製プラント、重合技術</li><li>タイヤ製品化及び性能評価技術</li></ul>	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>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</li></ul> <div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>バイオ生産ノウハウがない</li></ul> <div>(⇒バイオファウンドリー/エンジ会社等の協業を想定)</div>

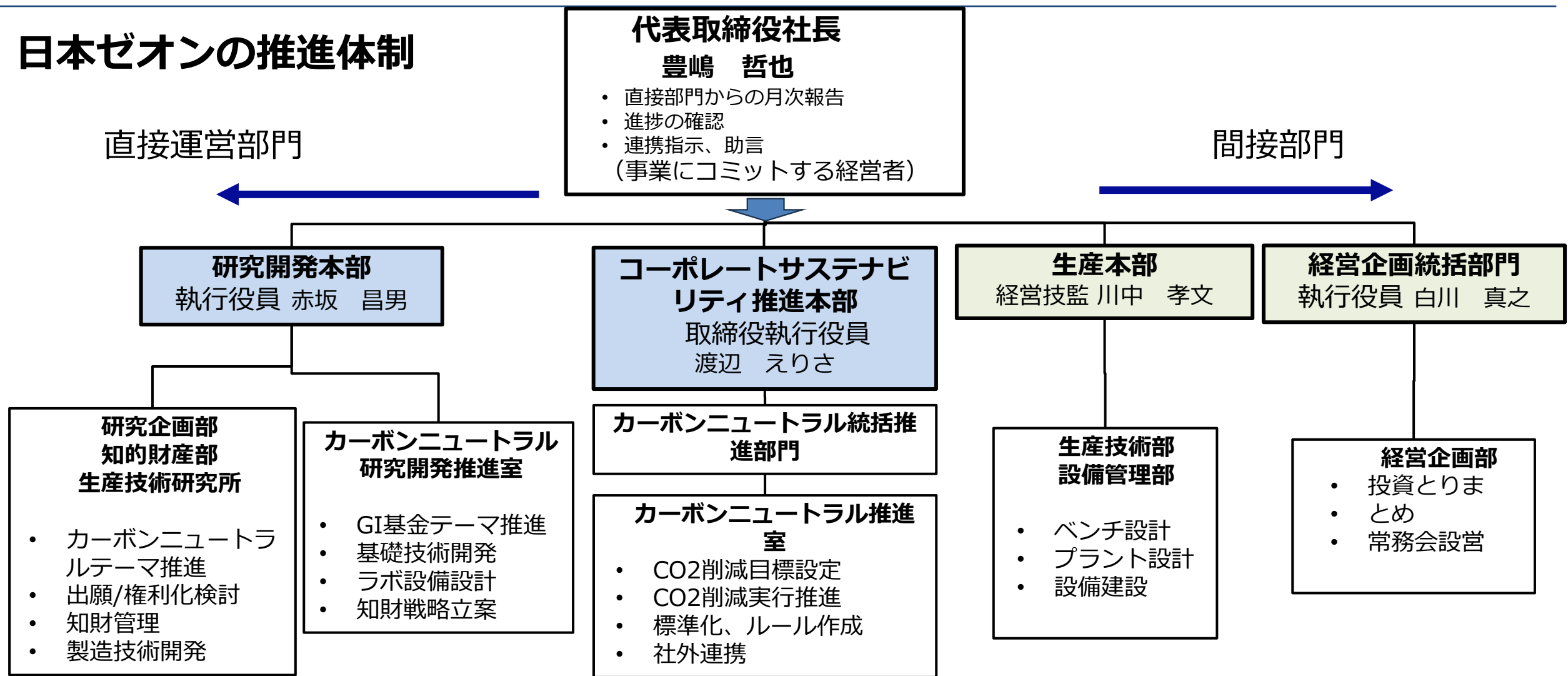
# 3. イノベーション推進体制

(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

日本ゼオンの推進体制



全社戦略に合わせてカーボンニュートラル専門部門を作り、経営監督の下で連携が可能な体制を構築、推進



### 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

## 経営者等による本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
  - 2024年度トップ方針にて、2030年の目標値を「当社単体のScope1,2 に相当するCO2排出量を2020年度比で42%削減」と説明。基準となる2020年度のCO2排出量は97.8万トン(Scope1,2)と公表。併せて「2030年代の社会実装を目指す技術開発」として本事業を開示。どのような社会課題があって、それに対して当社はどうか貢献するのかを軸に説明。出典：[2022年4月27日中期経営計画 説明資料](#)
  - 統合報告書 2022：トップメッセージで「2050年カーボンニュートラルを化学企業としての必達課題」「合成ゴム原料を使用済みタイヤや植物資源から生成する共同研究にも着手している」と言及。出典：[統合報告書 2022](#)
  - 中期経営計画第2フェーズ（2023-2026年度）および2023年度トップ方針にて、「2030年を見据えてScope1+2を減らす」「2050年を見据えてScope3の削減とその貢献を目指す」と公表。  
出典：[2023年6月7日 中期経営計画第2フェーズ 説明資料](#)
  - 統合報告書 2023：社長メッセージで、「バイオマス資源などからC4・C5留分を取り出すことができれば、カーボンニュートラルな素材・製品開発が可能。当社のこれまでの強みが、新しい使命を携えて世の中で生きる」と発信。  
出典：[統合報告書 2023](#)
- 事業のモニタリング・管理
  - 経営者の参加する研究ヒアリングにて定期的に進捗を報告、経営から必要な指示を出している。
  - 総合開発センターでの月次テーマ進捗を管理している。

#### ◆経営者等の評価・報酬への反映

- 役員報酬制度を中期経営計画STAGE30の第2フェーズ開始に合わせ、2023年7月に改正した。経営陣幹部・取締役の株式報酬（業績連動部分）について、STAGE30各フェーズの最終年度の目標値として設定したものと連動した財務指標および非財務指標（ESG 関連指標を含む）を評価指標として設定した。STAGE30の全社戦略の第一項目であるCN対応の進捗が経営者報酬に反映される。  
方針出典：[コーポレートガバナンス基本方針](#)第5章7.

#### ◆事業の継続性確保の取組

- 経営陣幹部の選任および取締役・監査役候補者の指名に関し、独立社外取締役が過半数を占める「役員指名・報酬委員会」の助言を得るほか、取締役会は最高経営責任者の後継者の計画について適切に監督を行う等の方針を定め、運用している。方針出典：[コーポレートガバナンス基本方針](#)第5章8.および9.

※ISO56002、IEC62853等の国際標準、経済産業省による「[ガバナンスイノベーション Ver2](#)」「[日本企業における価値創造マネジメントに関する行動指針](#)」等が参考になる。

### 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

## 経営戦略の中核において本事業を位置づけ、広く情報発信

#### ◆社内\_取締役会等での議論

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
  - 2021-2022年度 新中期経営計画 を経営チームで議論を重ね、全社戦略の1番として「カーボンニュートラルとサーキュラーエコノミーを実現する「ものづくり」への転換を推進する」ことを経営会議で決議。
  - 取締役会で上記新中期経営計画を議論、決議。
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
  - 2021-2022年度 新中期経営計画 検討の全社プロジェクトを設置、2050年カーボンニュートラルを見据え当社の取るべき方策を検討、経営に答申した。
  - 2021-2022年度 新中期経営計画 社内説明会で「2050年を見据えたカーボンニュートラルマスタープラン策定」することを周知した。
  - グリーイノベーション基金への本事業の応募を経営会議で決議。
  - 中期経営計画第2フェーズ（2023-2026年度）の「要となる方策」として「2050年を見据えてのScope3の削減と貢献を目指す」を設定し、その具体策として「原料転換の準備を整える」を掲げる。経営会議で決議。
- 決議事項と研究開発計画の関係
  - 2024年度研究テーマとしてカーボンニュートラル関連の増員を決議。
  - 原料転換の技術開発を加速するため、今後当社グループ企業敷地内に新研究実験棟を建設する投資承認。2025年3月完成。

#### ◆社外\_ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
  - プレスリリースにてGI基金に採択を開示  
出典：[2022年2月21日プレスリリース](#)
  - 2021年度決算説明会にて、本事業の採択およびCO2排出量削減目標を開示  
出典：[2022年4月27日中期経営計画 説明資料](#)
  - 統合報告書 2022 にて、カーボンニュートラルとサーキュラーエコノミーに向けた研究開発の一例として、本事業を開示  
出典：[統合報告書 2022](#)
  - 中期経営計画第2フェーズ説明会にて、2050年を見据えたScope3の削減と貢献を目指すことを開示、その具体策の一つとして「原料転換の準備を整える」を掲げて 本事業を開示  
出典：[2023年6月7日 中期経営計画第2フェーズ 説明資料](#)
  - 統合報告書 2023 にて、2050年カーボンニュートラルを見据えて、Scope3の削減とその貢献のために エタノール由来ブタジエンやバイオブタジエン等原料転換の準備を整えると開示  
出典：[統合報告書 2023](#)
  - サステナビリティ2023（P17-20）にて、TCFD 提言に基づき CO2排出削減の取り組みを 4 ページにわたり開示。本事業を開示  
出典：[サステナビリティレポート 2023（プレスリリース）](#)
- ステークホルダーへの説明
  - TCFD提言に賛同済み。出典：[プレスリリース](#)
  - 本事業の進捗・見通し等を、投資家やマスコミを中心に広くステークホルダーに、中期経営計画説明会にて説明する方針。

### 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、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

#### ◆経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保
  - 2021年4月1日付でZEON NEXT推進室を新設。ゼオングループにおける新たな価値の創造を促進する。
  - 2021-2022年度 新中期経営計画 にて、2030年度までの新規投資累計3,500億円を計画
    - 既存事業の能力増強投資 約2,000億円
    - 新規事業への投資 約1,000億円
    - 環境対策、DXその他 約 500億円
- 人材・設備・資金の投入方針
  - テーマ①エタノール→ブタジエン（ETB）、②バイオ法検討等 で必要な人員を確保することを経営会議で決議。
  - ②バイオ法パイロット設備は当社保有土地を活用予定。
  - パイロット等設備投資は当社負担予定、研究労務費等の費用はYRC様も負担予定。
  - 2021-2022年度 新中期経営計画 にて、全社戦略の第一項目として2050年カーボンニュートラル対応を掲げている。

#### ◆専門部署の設置

- 専門部署の設置
  - 2022年7月カーボンニュートラル統括推進部門をコーポレートサステナビリティ本部内に、カーボンニュートラル研究開発推進室を総合開発センターに新設。
  - 2021年4月1日付でZEON NEXT推進室を新設。ゼオングループにおける新たな価値の創造を促進する。
- 若手人材の育成
  - イノベーター養成講座を継続中。応募した若手研究員に当社シーズを新事業化するまで支援する機会を与え、育成中。
  - アカデミア及びスタートアップ企業との協業を検討中。  
2023年2月カーボンニュートラルに資する生産技術・製品を開発するスタートアップに投資、密接に提携し、バイオ法の知見を広める。  
出典：[米国スタートアップVisolis社に投資](#) (2023.8.10)  
出典：[Syzygy社出資](#) (2024.2.21)  
出典：[Visolis社とMOU](#) (2024.4.9)

### 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、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

---

#### ◆カーボンニュートラル活動

---

- 活動履歴

日本ゼオン、国内 4 工場で ISCC PLUS 認証を取得 (2024.2.5)

出典：[ISCC PLUS認定](#)

シクロオレフィンポリマーのリサイクルプラントが竣工 (2024.3.5)

出典：[シクロオレフィンマテリアルリサイクル](#)

周南コンビナートにおけるカーボンニュートラル実現に向けたコンビナート 5 社による共同行為に対し、公正取引委員会より「独占禁止法上問題がない」旨の回答を受領 (2024.2.16)

出典：[周南コンビナート](#)

ゼオングループの 2030 年温室効果ガス削減目標が SBT イニシアチブ認定を取得 (2024.4.26)

出典：[SBTイニシアチブ](#)

## 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  
→ 早期にエンジ部門と連携し、課題を先取りして解決する。

### 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、長期的視野にたって優意義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。
- 研究拠点の被災  
→ 川崎/徳山/米沢にある研究拠点を活用する。

#### ● 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。