

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：使用済タイヤ（廃ゴム）からの化学品製造技術の開発

実施者名：ENEOS株式会社

代表名：代表取締役社長 大田 勝幸

（コンソーシアム内実施者（再委託先除く）：株式会社ブリヂストン（幹事企業、共同事業者））

目次

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

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

グリーン政策本格化による企業の環境戦略の変化によりエコビジネス産業が急拡大すると予想

カーボンニュートラル化に向けたマクロトレンド認識

(社会面)

- 持続可能な社会実現に向けた社会的要請の高まり
- 地球温暖化による急速な気候変動への対応

(経済面)

- 脱炭素化を担う新規産業の台頭
- 温暖化抑制対応を成長機会とする企業の戦略転換

(政策面)

- カーボンニュートラルに向けた産業戦略(グリーン成長戦略)策定
- 地球温暖化対策推進法の改正
- カーボンプライシングの導入検討

(技術面)

- CO₂排出抑制に特化した低環境負荷型の生産/加工/処理技術の進歩
- CO₂を回収、貯留するネガティブエミッション技術の進歩
- CO₂を資源と捉え、製品、燃料に再利用するカーボンリサイクル技術の進歩

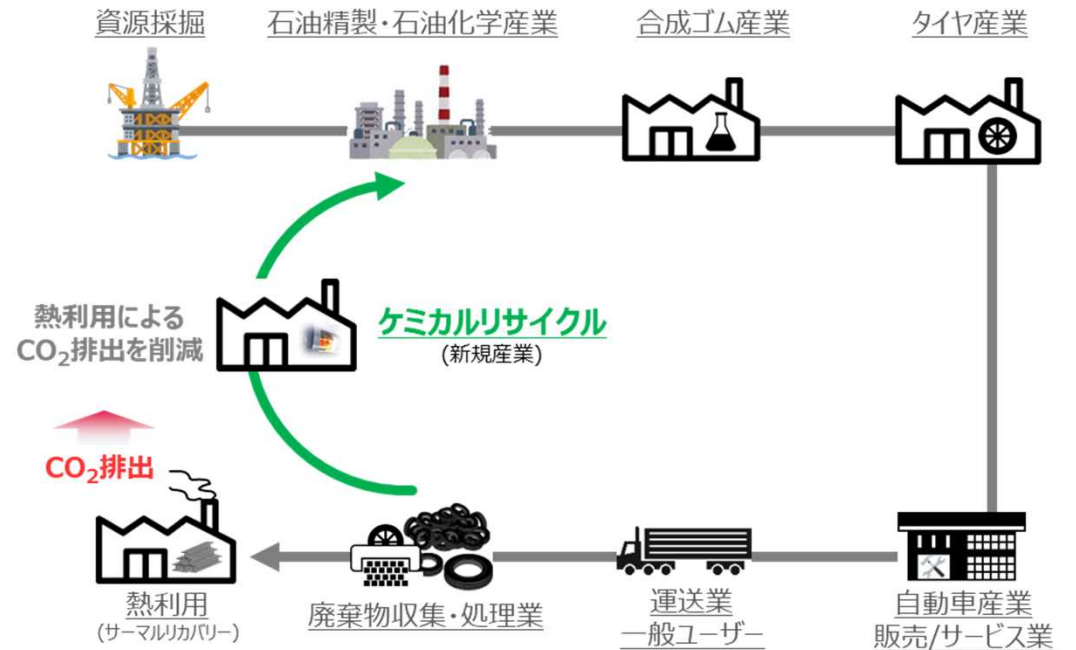
● 市場機会 :

ライフサイクル全体で脱炭素化に取り組むことで循環型経済へと移行し、リサイクル関連等の新規産業創出による市場機会の拡大が期待される。

● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト :

カーボンニュートラルに向けた取り組みを通じて、持続可能社会の実現に貢献し、同時に産業の競争力強化、産業構造変化にともなう雇用を創出。

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

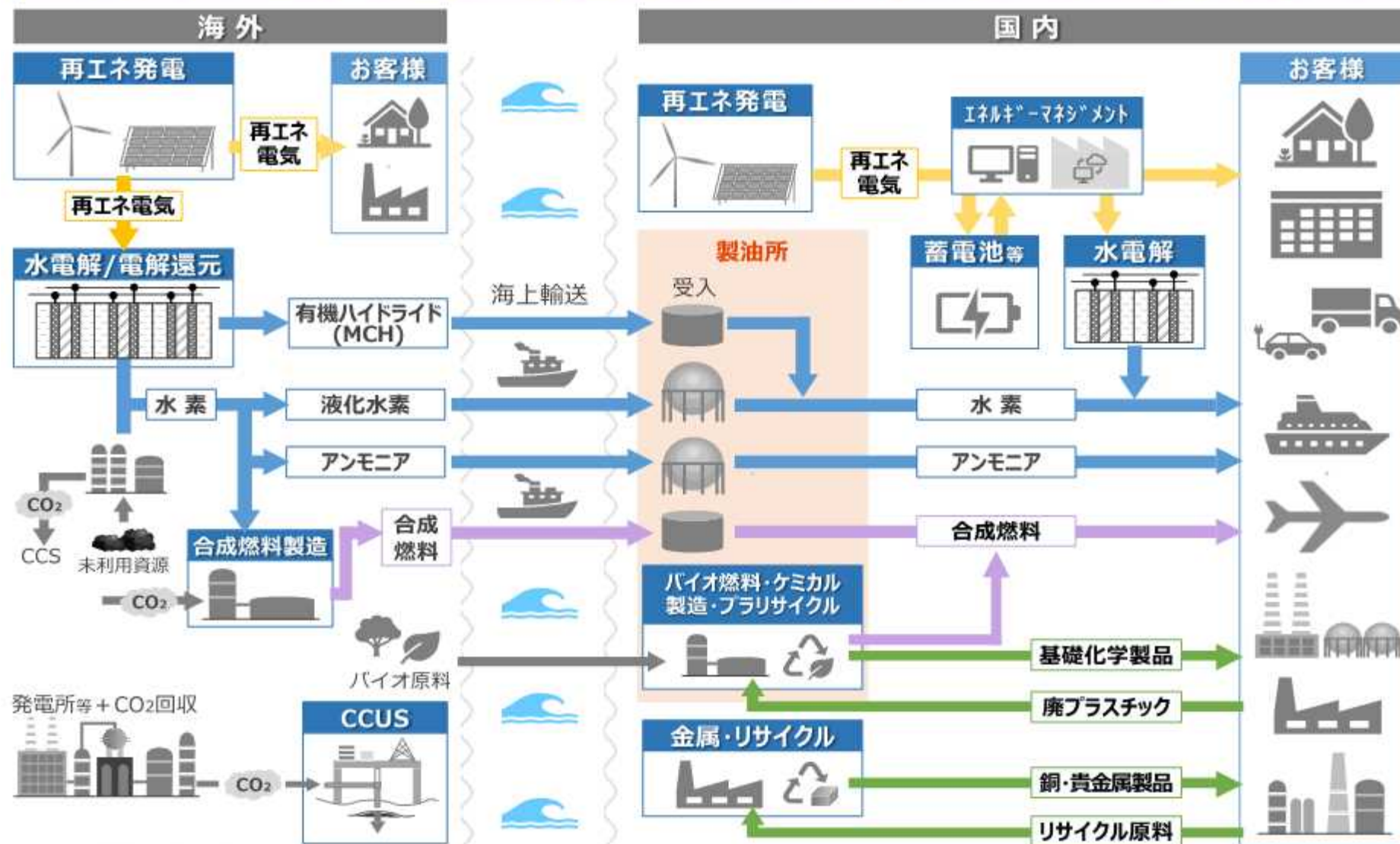


● 当該変化に対するENEOSの経営ビジョン :

環境負荷の低い事業を強化・拡大すると共に、環境対応型事業の強化、自社排出分のカーボンニュートラルの追求などを通じて、脱炭素・循環型社会の形成に貢献する。

参考資料： ENEOS(株)の脱炭素・循環型社会への取り組み（目指す事業像）

脱炭素・循環型社会の構築に向けて、CO₂フリーの電気・水素・燃料を中心としたエネルギー、循環型の金属・化学品等の素材のサプライチェーン構築を進めていく



2020年度決算説明資料より抜粋

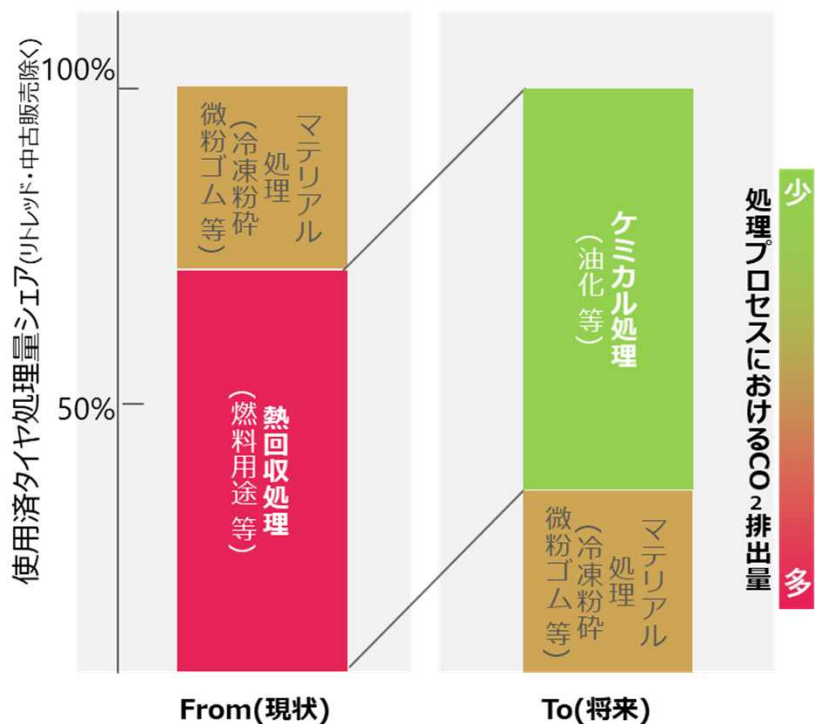
1. 事業戦略・事業計画 / (2) 市場のセグメント・ターゲット

循環型の化学品サプライチェーン構築に向け、再生可能性資源として使用済タイヤをターゲットに設定

セグメント分析

- 循環型社会形成のために、素材産業においても再生可能資源の利用が重要。
- 再生可能資源の中でも、タイヤは一定の数量確保が見込める、異物が混じりにくく基本的に選別が不要な事から有望。
- 現在タイヤは約60%が熱回収処理されており、CO₂削減の観点からも原料として設定する意義は大。

国内タイヤリサイクル市場の現状と将来のありたい姿



ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 年間約100万トンの使用済タイヤが発生している。
- 現状使用済タイヤのケミカル処理は市場に存在しないが、CO₂排出削減でカーボンニュートラルに資するほか、生成されるリサイクル材・リサイクル材由来の製品は需要拡大が見込まれる。
- 市場のボリュームゾーンかつCO₂排出量の多い熱回収をケミカルリサイクルへ置き換え、低環境負荷のタイヤリサイクル市場を形成する事により、循環型の化学品サプライチェーンを構築する。

生成物	主な需要家	将来に向けた具体目標	想定ニーズ	製品需要予測
 タイヤ再生油	石油産業 	■ 2022年 ・サプライチェーンにおけるCO ₂ 排出量 2009年比120万トン削減 ■ 2040年 ・自社排出CO ₂ カーボンニュートラル化	・低環境負荷事業、環境対応型事業の強化・拡大 ・脱炭素に資する環境配慮型商品の活用	原油処理能力 187万bbl/日 (2021年3月末)
 タイヤ由来再生資源	タイヤ産業 	■ 2030年 ・CO ₂ 排出量▲50% ・再生資源・再生可能資源比率40% ■ 2050年 ・カーボンニュートラル化 ・100%サステナブルマテリアル化	・脱炭素に資するライフサイクルおよびバリューチェーンの形成 ・再生資源・再生可能資源の活用	・タイヤ需要増加に伴い、ゴム原材料需要が拡大 ・カーボンニュートラル化に向け、再生資源/再生可能資源に対する需要も増加
 新品タイヤ (再生材使用)	自動車産業	■ 2030年 ・自動車部品・材料製造に関わるCO ₂ 排出量削減 ■ 2050年 自動車部品・材料製造におけるカーボンニュートラル化を達成	・再生資源の活用によりライフサイクルCO ₂ 排出削減 ・カーボンニュートラルに貢献する商品の購入・使用	・MaaS/CASEの加速により車1台あたりの稼働率増加 → タイヤ需要の増加 ・使用原材料における再生資源の割合向上

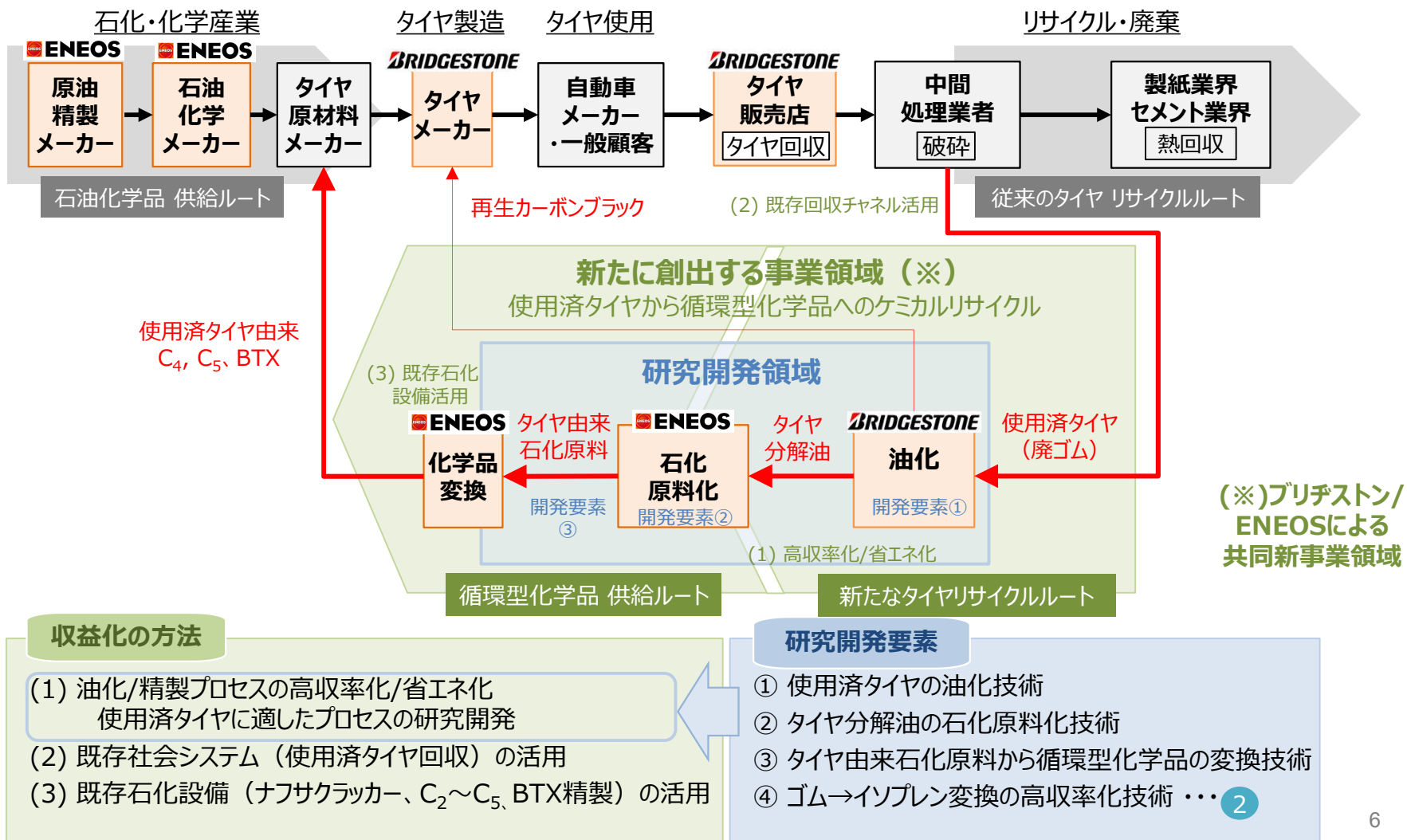
1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル

使用済タイヤを循環型の化学品に変換するケミカルリサイクル事業をブリヂストン/ENEOSで共創

社会・顧客に対する提供価値

- サーマルリカバリーからの脱却、ケミカルリサイクルへの移行による **CO₂排出量の削減**
- 再生可能資源の利活用による **循環型社会の形成**
- 循環型化学品の使用によるタイヤ中の **石油由来原料使用量の削減**
- ケミカルリサイクルによる **循環型化学品の安定供給**

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



1. 事業戦略・事業計画 / (4) 経営資源・ポジショニング

ブリヂストンとENEOSが協業し、独自技術・保有SCの強みを活かして、社会全体でのCO₂排出量削減・CNに貢献

自社の強み、弱み (経営資源)

他社に対する比較優位性

ターゲットに対する提供価値

- 熱回収利用からケミカルリサイクルへの移行により、CO₂排出量を削減
- 化石資源由来材料に替わる再生資源の提供



自社 (ブリヂストン・ENEOS) の強み

- 自社サプライチェーンを保有
 - 自社販売ネットワーク (物流、倉庫、販売店)
 - 国内タイヤ生産拠点での再生資源を活用
- タイヤ・ゴムに関する独自技術・ノウハウの蓄積 (タイヤ・ゴム材料技術、再生資源 利用技術)
- 石油精製/石油化学プラント・技術を保有
- 業界リーディングカンパニーとしての社会への影響力

自社
(ブリヂストン
/ENEOS)

自社 (ブリヂストン・ENEOS) の弱み及び対応

- タイヤ油化関連設備、運転ノウハウ等の知見が少ない
- タイヤ分解油を石油化学品原料利用した例がなく、一企業のみでサプライチェーン構築することが難しい
- パイロット装置検討を通じて運転ノウハウを獲得する
- サプライチェーン上の企業で一気通貫の連携体制を構築し、相互補完できる事業構築を目指す

競合
他社

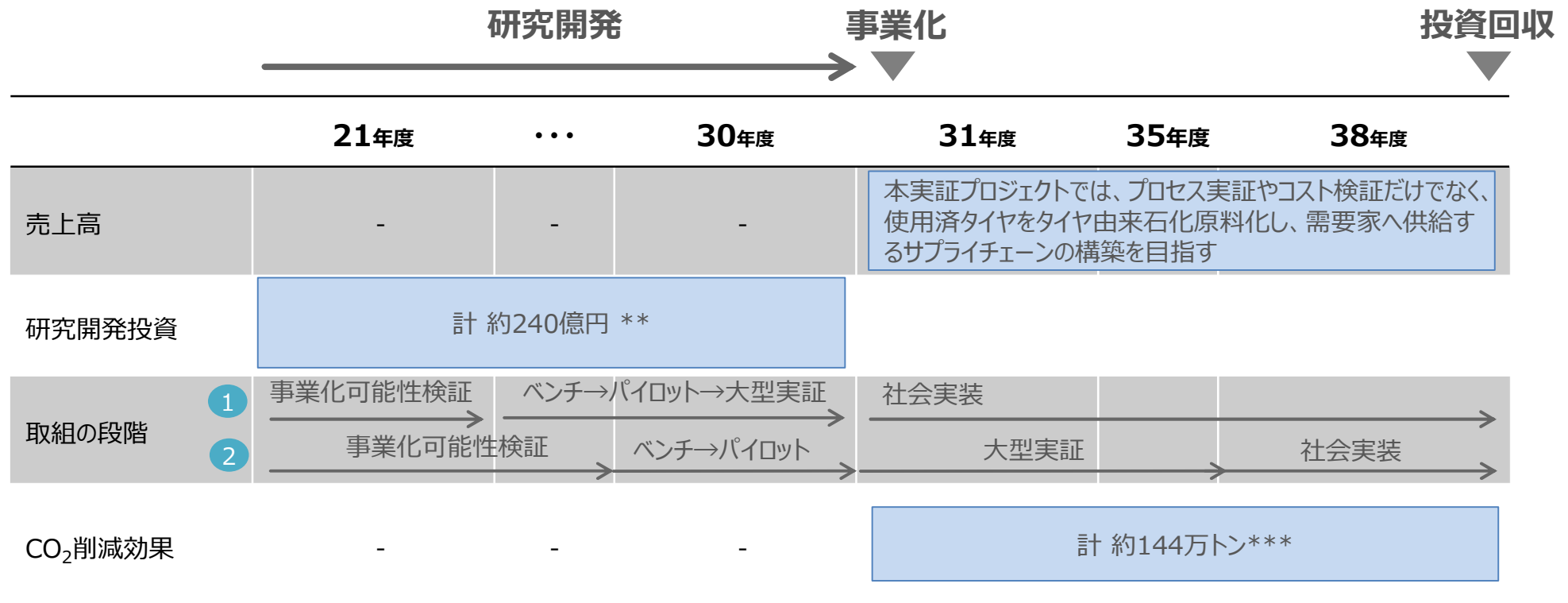
技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
<ul style="list-style-type: none"> タイヤ・ゴム、石油精製に関する独自技術・ノウハウを個社で保有 	<ul style="list-style-type: none"> モビリティ産業全体を対象とする幅広い顧客基盤 法人・個人両方の強固な顧客基盤 	<ul style="list-style-type: none"> タイヤ製造～販売・回収、および石油精製～販売までの自社サプライチェーンを保有 	<ul style="list-style-type: none"> 脱炭素・循環型社会への貢献に向けた社内体制の整備開始 (リサイクル事業化に向けた社内組織設立 等)
<ul style="list-style-type: none"> 共同研究による技術開発を加速・効率化 使用済タイヤを原材料に「戻す」技術の確立により、他社と優位性確保 (現時点で国内に大規模事業の実施例無し) 	<ul style="list-style-type: none"> 再生資源を活用したプレミアム商品の開発・販売 →他社との差別化により顧客基盤を更に拡充 	<ul style="list-style-type: none"> 再生資源をタイヤに「戻す」ためのサプライチェーンを新たに構築し、サプライチェーン全体でのCO₂排出削減 共創コンソーシアムにより油化～化学製品変換までサプライチェーン全体をつなぐことで全体最適化 	<ul style="list-style-type: none"> 戦略リソースを投入することで、M&Aなど戦略的パートナーシップによる人財強化、共創活動を強化
<ul style="list-style-type: none"> 国内で新たなタイヤ油化～化学製品への変換に関する研究開発動向無し 	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能資源 (バイオマス) の比率向上による顧客ニーズへの対応 	<ul style="list-style-type: none"> 既存の使用済タイヤ流通スキームによるタイヤリサイクル (サーマルリカバリーメイン) 	<ul style="list-style-type: none"> カーボンニュートラルに貢献する高機能商品、環境負荷の低いタイヤ等の開発

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、2031年頃の事業化、2038年以降の投資回収 (補助金含む)を想定

投資計画 (株式会社ブリヂストンとの合算)

- ✓ 本事業終了後、油化処理技術を社会実装・事業化→2031年以降早期事業化を目指す
- ✓ 石油化学品市場での販売を図り、2038年以降の投資回収 (補助金含む) を想定



*各生成物相当品の過去市況単価等を元にした試算額

**テーマ①②合計研究開発費と設備投資費の合算値 (グリーンイノベーション基金からの助成、補助額を含む)

***使用済タイヤ10万トン/年のリサイクルを前提。

2031年ではナフサクラッキングのCN技術は開発途中である可能性が高いため、CO₂削減量は使用済タイヤの熱利用削減分のみを考慮

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

- 研究開発初期段階からサプライチェーン上の企業および国研、アカデミアと連携し、全体最適を目指したオープンイノベーションを促す。
- 石化原料化を見据えたタイヤの油化技術を開発
- 化学品変換を見据えた石化原料化技術を開発。使用済タイヤのケミカルリサイクル大規模実施に向け、一連のプロセス技術を検証。
- 生産には自動化設備及びデジタル技術による制御システムを導入する。
- 既存サプライチェーンを活かしつつ最大限の効率運転を行う。
- その際ポイントとなる原材料(使用済タイヤ)調達に関しては、ブリヂストンが有する販売/輸送チャンネルを最大限活用。
- 当該技術・事業をブランド戦略アイテムに位置づけ、生成物ならびにそれらを原料として用いたタイヤ製品のプレミアム戦略を推進する。
- 実証段階では当該事業の社会価値を問うためのテストマーケティング(再生資源、タイヤ)を実施。



国際競争上の優位性

- タイヤ熱分解によるケミカルリサイクルを大規模事業として実施している例は国内外において存在しない。
- 様々なタイヤの配合についての技術/知見と石油精製、改質に関する技術/知見のシナジーが期待でき、競合他社の取り組みに対して明確な優位性を確保。
- タイヤ油化によるケミカルリサイクル(使用済タイヤ～石化製品)に適した設備、運転条件は競合他社でも確立されておらず、実現することで大きな優位性を得られる。
- CO₂排出量削減効果を製品価値とし、自動車各社および一般ユーザーにアピールすることで、競合他社対比での優位性を維持する。
- 化石資源由来ではない石化製品代替品の中でもCO₂削減量、コスト競争力に優れた製品として訴求。

1. 事業戦略・事業計画 / (7) 資金計画 ① 使用済タイヤの精密熱分解によるケミカルリサイクル

国の支援に加えて、71億円規模の企業側（ブリヂストン/ENEOS）負担を予定

	21年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度	
事業全体の資金需要	約222億円										本事業期間にて油 化処理技術開発を 完了させた後、 2050年に向け引き 続き自己負担によ り事業拡大を実施 する想定
うち研究開発投資	約222億円										
国費負担※ (委託又は補助)	約151億円										
自己負担	約71億円										

※インセンティブが全額支払われた場合

1. 事業戦略・事業計画 / (7) 資金計画 ② 使用済タイヤの低温分解・解重合による高収率ケミカルリサイクル

国の支援に加えて、5億円規模の企業側（ブリヂストン）負担を予定

	21年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度
事業全体の資金需要	計 約19億円									
うち研究開発投資	計 約19億円									
国費負担※ (委託又は補助)	計 約14億円									
自己負担	計 約5億円									

本事業期間にて低温分解・解重合技術開発を完了させた後、引き続き量産化技術の確立に向け、商用規模プラント建設に向けた自己負担による投資を実施する想定

※インセンティブが全額支払われた場合

2. 研究開発計画

① 使用済タイヤの

精密熱分解によるケミカルリサイクル

2. 研究開発計画 ① / (1) 研究開発目標

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

使用済タイヤからの化学品製造技術の開発

① 使用済タイヤの精密熱分解によるケミカルリサイクル

アウトプット目標

- ・ 総CO₂削減に向け、削減効果を定量化し、社会実装に向けた技術を構築する
- ・ 使用済タイヤの一貫処理により、所定の品質を満たす化学品の製造技術を確認し、ケミカルリサイクルの事業性を検証する

研究開発内容

1 使用済タイヤの油化技術

2 タイヤ分解油の石化原料化技術

3 タイヤ由来石化原料からの化学品変換技術

4 大型実証

5 一連技術のLCA、プロセスコスト計算

KPI

- ① 各ステージに合わせたオイル/ガス比率確認 (23、26年度)
- ② 副生成物の活用方法明確化 (23年度)

- ① 触媒の基本設計構築、触媒寿命の推定 (23年度)
- ② 油化技術と連動した触媒・処理プロセスの構築 (26年度)
- ③ 開発触媒の実製造技術完成、触媒寿命の確定 (28年度)

- ① 化学品収率の推定完了 (23、26年度)
- ② 実プラント導入による安定稼働の確認 (30年度)
- ③ 実運転時に製品品質を満たせる技術の確立 (30年度)

- ① 大型実証機的设计完了 (26年度)
- ② 一貫製造プロセスの連続運転稼働時間確認 (30年度)

- ① CO₂削減効果の確認 (タイヤ燃焼対比) (23年度、26年度、30年度)

KPI設定の考え方

排出CO₂やケミカルリサイクルに関係する油生成比率、副生成物の活用方法をKPIとして設定

大型実証の開始に向け、タイヤ分解油の石化原料化技術を確認する上での重要事項をKPIとして設定

大型実証の開始に向け、タイヤ由来石化原料からの化学品製造技術を確認するにあたっての重要な事項をKPIとして設定

本研究開発テーマにおける最重要ポイントである大型実証における使用済タイヤ処理量をKPIとして設定

本研究開発テーマの意義となるCO₂削減効果を重要事項としてKPIを設定

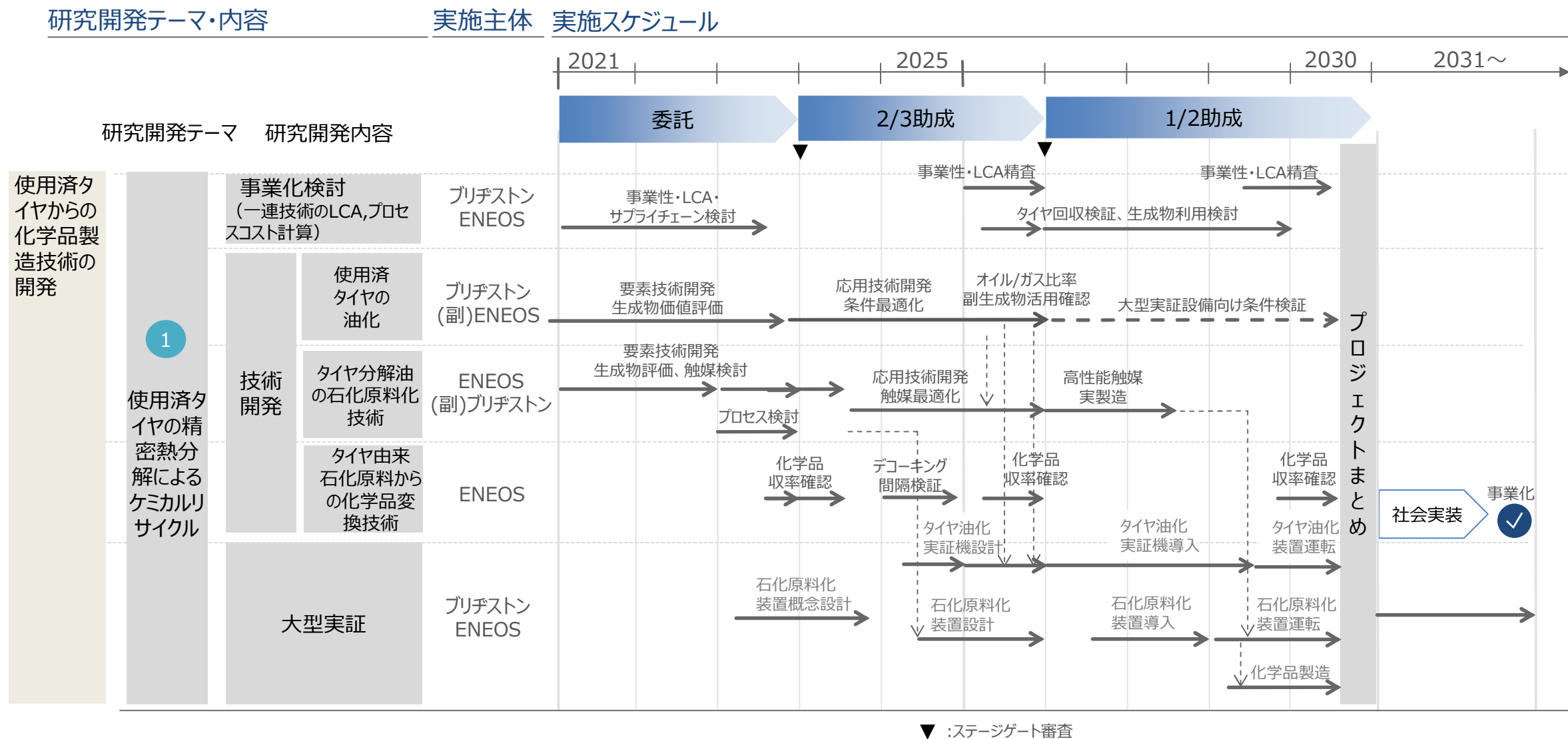
2. 研究開発計画 ① / (2) 研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

研究開発内容	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性
1 使用済タイヤの油化技術	① オイル/ガス比率 ② 副生成物の活用 (23、26、30年)	ラボ検討 でコンセプト確認済 (TRL4)	プラント実 用レベル (TRL6)	<ul style="list-style-type: none"> 石化原料化を見据えた使用済タイヤの油化条件の探索 副生成物のタイヤへのリサイクル化検討 	要素技術開発と既存技術を活用して推進が可能であり研究成功時の実装化可能性 高
2 タイヤ分解油の石化原料化技術	① 触媒の基本設計構築、触媒寿命の推定 (23年度) ② 油化技術と連動した触媒・処理プロセスの構築 (26年度) ③ 開発触媒の実製造技術完成、触媒寿命の確定 (28年度)	触媒技術の コンセプト確 認済 (TRL4)	触媒寿命 プラント実用 レベル (TRL8)	<ul style="list-style-type: none"> 保有触媒のスクリーニング 石化原料へ変換するための技術開発 	石油精製の知見を活用可能であり、研究成功時の実装化可能性 高
3 タイヤ由来石化原料からの化学品変換技術	① 化学品収率の推定完了 (23、26年度) ② 実プラント導入による安定稼働の確認 (30年度) ③ 実運転時に製品品質を満たせる技術の確立 (30年度)	タイヤ由来石 化原料からの 化学品収率 未確認 (TRL3)	化学品収率 従来油に近い レベル (TRL7)	<ul style="list-style-type: none"> 計算化学を用いた効率的な収率算出 既存化学品と同等の品質分析による確認 	石油化学の知見を活用可能であり、研究成功時の実装化可能性 高
4 大型実証	① 大型実証機的设计完了 (26年度) ② 一貫製造プロセスの連続運転稼働時間確認 (30年度)	ラボ検討 (TRL3)	実運用レ ベル (TRL9)	<ul style="list-style-type: none"> パイロット装置の設計や運転データを活用したエンジニアリング検討 各プロセスについてシステムとして連結させ運転を実施、課題を抽出 	研究成功時の実装化可能性あり
5 一連技術のLCA、プロセスコスト計算	① CO ₂ 削減効果の確認 (タイヤ燃焼対比) (23、26、30年度)	大半が燃 焼 (TRL3)	燃焼対比 CO ₂ 削減 (TRL8)	<ul style="list-style-type: none"> LCAによるCO₂削減効果の定量化 各ステージごとに、装置のユーティリティ使用量を計測しコスト試算を実施 	評価手法を確立することで、実装化可能性あり

2. 研究開発計画 ① / (3) 実施スケジュール

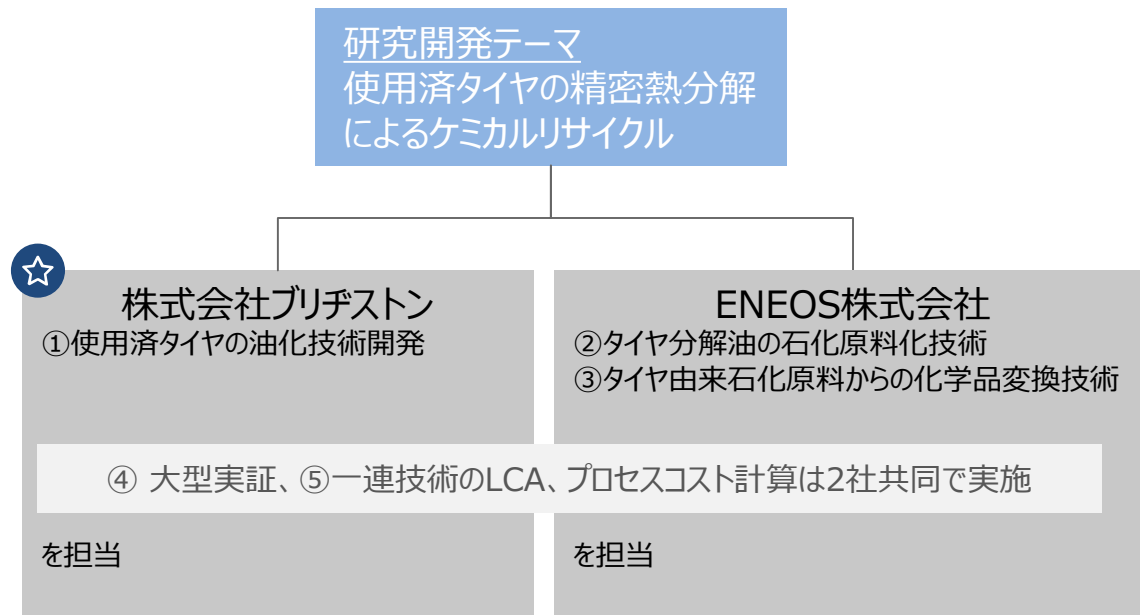
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画 ① / (4) 研究開発体制

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



☆ 幹事企業

各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目 1 全体の取りまとめは、株式会社プリヂストンが行う
- 株式会社プリヂストンは、①使用済タイヤの油化技術開発

を担当する

ENEOS株式会社は、②タイヤ分解油の石化原料化技術
③タイヤ由来石化原料からの化学品変換技術

を担当する

- ④ 大型実証、⑤一連技術のLCA、プロセスコスト計算は2社共同で実施する。

研究開発における連携方法

- ゴム成分～油化条件～油成分分析～石化原料化までを共有化する共同開発により、化学品変換しやすいゴム油化条件を探索
- ゴム分解から循環型化学品を一貫管理・製造が可能な大型化実証設備を開発・実証
- 2社が検討結果をシームレスに共有する事で、当該事業領域全体のLCA、プロセスコスト試算を実施

2. 研究開発計画 ① / (5) 技術的優位性

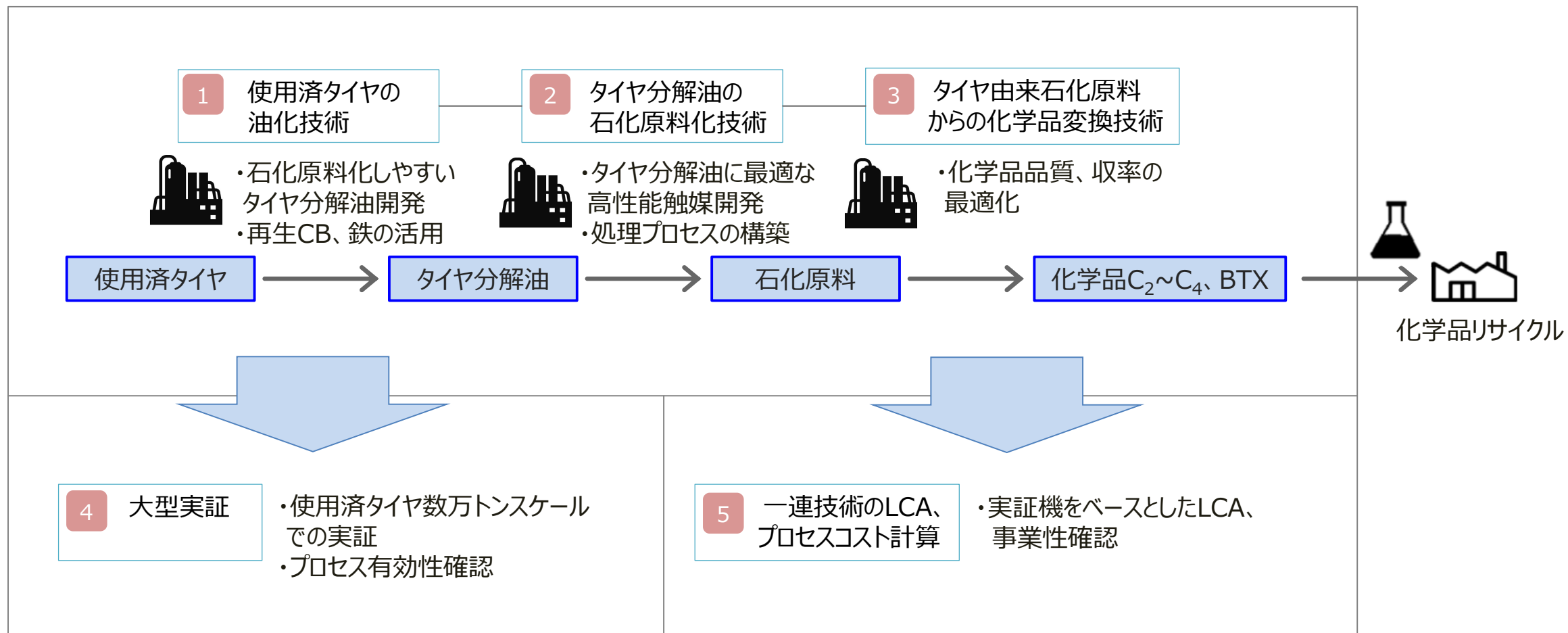
国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発テーマ	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・リスク
① 使用済タイヤの精密熱分解によるケミカルリサイクル	1 使用済タイヤの油化技術	<ul style="list-style-type: none"> • タイヤの配合・ゴム分解に関する知見 • タイヤ再生油の分析技術 • 再生CB利用技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 高いゴム、硫黄化合物解析力によりタイヤの配合と再生油との関係性を捉えて、優位性を発揮できる • タイヤ用CB開発実績、再生CB使用実績が有り、高品質な再生CBを開発可能
	2 タイヤ分解油の石化原料化技術	<ul style="list-style-type: none"> • 油の精製・分解技術 • 触媒技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 石油精製の知見豊富で、水素化分解触媒の開発実績も豊富。タイヤ分解油のケミカル化は優位性を発揮できる
	3 タイヤ由来石化原料からの化学品変換技術	<ul style="list-style-type: none"> • 原材料と製品の相関解析技術 • 化学品精製技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 石化プラントを有し、多様な原材料を処理可能な技術を保有。既存設備の活用で投資を抑えた化学品変換が可能
	4 大型実証	<ul style="list-style-type: none"> • 使用済タイヤを回収するためのサプライチェーン • 石油精製・石油化学プラントの運転技術 • 一貫処理のためのプラント連結技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 原材料調達からプラント運営まで、両社の強みを活かした実証が可能
	5 一連技術のLCA、プロセスコスト計算	<ul style="list-style-type: none"> • プラントからのエネルギー回収技術 	<ul style="list-style-type: none"> • エネルギー回収を最大限行うことで、更なるCO₂排出削減、コスト低減が可能

2. 研究開発計画 ① / (5) 技術的優位性

タイヤの配合～熱分解油～化学原材料の関係性を一貫通貫で両社の強みを活かして開発・実証が可能

① 精密熱分解によるケミカルリサイクル 〈開発全体像〉



2. 研究開発計画 ① / (5) 技術的優位性

タイヤ分解油、再生CBともに高いリサイクル率で化学品に戻す、海外他社対比優位な技術を開発し、社会実装する

□精密熱分解技術開発による生成物の価値

タイヤ熱分解生成物

タイヤ分解油 

再生CB(カーボンブラック) 

現状	燃料として利用 (ナフサ~重油までの混合油、高硫黄、高窒素)	タイヤ原材料への活用は限定的 (表面官能基の失活/表面汚染による反応性低下)
海外他社 動向	石化原料化&合成ガス化 プラスチック原料として利用検討	CB表面汚染物の除去による反応性改善
熱分解条件・石化原料化プロセス最適化		
① 精密熱分解による ケミカルリサイクル	精密熱分解⇒石化原料化⇒C ₂ ,C ₃ ,C ₄ ,BTX SBR,BRのカーボンニュートラル化 & C ₄ 資源の確保	CB表面汚染物の除去による反応性改善 高いCB性能

両立

2. 研究開発計画

② 使用済タイヤの
低温分解・解重合による
高収率ケミカルリサイクル

2. 研究開発計画 ② / (1) 研究開発目標

2050年CO₂排出量の削減目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目

アウトプット目標

② 使用済タイヤの低温分解・解重合による高収率リサイクル法開発

2030年： ゴム中のイソプレン等を高回収率で回収する技術をパイロット機でLCA含めて実証
 2050年： 国内使用済タイヤの数10万トンからイソプレンと高性能再生CBを回収し、CO₂排出量削減に貢献

研究開発内容

KPI

KPI設定の考え方

1 ゴムを低温分解する触媒・分解反応開発

- ① 架橋ゴム分解時の、ゴムのポリマーの基本骨格の維持率
- ② 既存使用済タイヤ処理以上の事業性が見込めること（26年度）

分解時にゴム構造が変質すると次の解重合工程での収率が大幅低下するので、ポリマーの基本骨格の維持率をKPIを設定
 各ステージで社会実装可能性としての経済性を考慮する

2 高選択解重合法開発・最適化

- ① 解重合後のモノマー収率
- ② 既存使用済タイヤ処理以上の事業性が見込める（26年度）

前の分解工程で液状化したゴムをさらに分解して(解重合) イソプレン、BTX等の化学材料モノマーを得る収率をKPI設定 経済性を考慮した目標を設置

3 高性能再生CBの開発

- ① 高混合率でタイヤへのリサイクルが見込める再生CB品質（23年度）
- ② 高混合率でタイヤへのリサイクルが見込める再生CB品質をゴム物性で確認(26年度)、タイヤ性能で確認（30年度）

ゴムを低温分解することで活性度の高い再生CBが得られるのでCB品質に関するKPIを策定

4 パイロット設備での実証

- ① 数10トン/年のパイロット実証機概念設計完了(26年度)
- ② パイロット実証による製造条件最適化・事業性評価完了（30年度）

パイロット実証におけるモノマー回収率、再生CBのタイヤへのリサイクル率の向上を確認、合わせて事業性も評価

5 CO₂削減量達成見込みの検証

各ステージで、データに基づくCO₂排出量の削減効果算出（23、26、30年度） CO₂削減目標 タイヤ燃焼対比で確認

事業化の際に重要なCO₂削減効果を設定
 各ステージでの削減効果は廃タイヤ10万トン規模換算

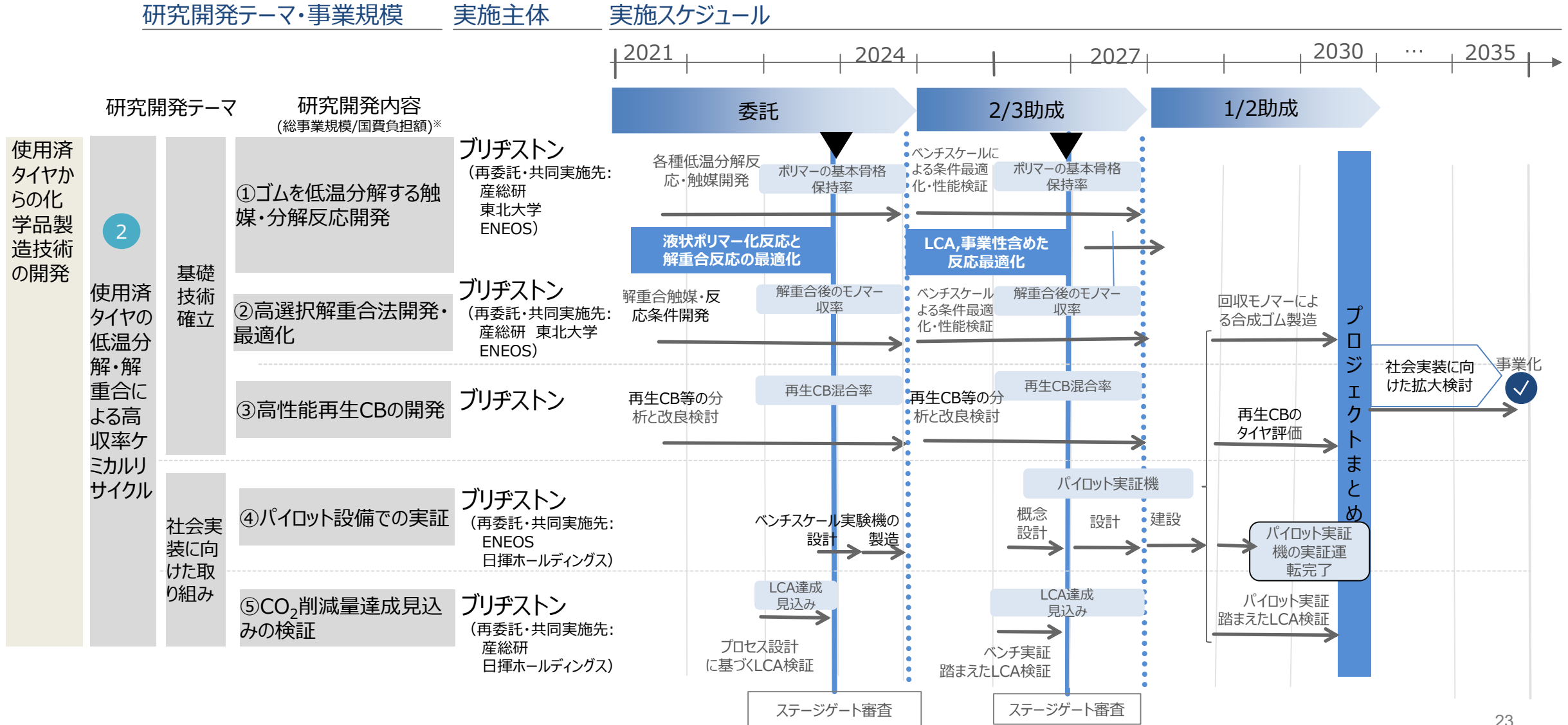
2. 研究開発計画 ② / (2) 研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

研究開発内容	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性
1 ゴムを低温分解する触媒・分解反応開発	<ul style="list-style-type: none"> ① 架橋ゴム分解時の、ゴムのポリマーの基本骨格の維持率 ② 既存使用済タイヤ処理以上の事業性が見込めること（26年度） 	低温分解コンセプトをラボで確認済（TRL4）	小規模実証による実用性確認（TRL6）	<ul style="list-style-type: none"> 低温触媒分解の反応探索 低温分解溶媒反応 低温熱分解 以上の組み合わせによる最適化 	要素技術確認しており、研究成功時の実装化可能性 高
2 高選択解重合法開発・最適化	<ul style="list-style-type: none"> ① 解重合後のモノマー収率 ② 既存使用済タイヤ処理以上の事業性が見込める（26年度） 	解重合モノマー化を確認済（TRL4）	小規模実証による実用性確認（TRL6）	<ul style="list-style-type: none"> 保有触媒の組み合わせスクリーニング ①の分解反応との組み合わせ最適化 純度向上検討 	要素技術を確認しており、研究成功時の実装化可能性 高
3 高性能再生CBの開発	<ul style="list-style-type: none"> ① 高混合率でタイヤへのリサイクルが見込める再生CB品質（23年度） ② 高混合率でタイヤへのリサイクルが見込める再生CB品質をゴム物性で確認（26年度）、タイヤ性能で確認（30年度） 	ラボで再生CB品質を確認（TRL3）	タイヤ性能でCB品質確認（TRL7）	<ul style="list-style-type: none"> 低温分解により再生CBの表面活性を維持 	評価法/適用技術を有しており研究成功時の実装化可能性 高
4 パイロット設備での実証	<ul style="list-style-type: none"> ① 数10トン/年のパイロット実証機の概念設計完了（26年度） ② パイロット実証による製造条件最適化・事業性評価完了（30年度） 	ラボ検討（TRL3）	実用レベル（TRL7）	<ul style="list-style-type: none"> パイロット装置の設計や運転データを活用したエンジニアリング検討 各装置を連結させ運転を実施、課題抽出 	研究成功時の実装化可能性あり
5 CO ₂ 削減量達成見込みの検証	各ステージで、データに基づくCO ₂ 排出量の削減効果算出（23, 26, 30年度）	大半が燃焼（TRL3）	燃焼対比CO ₂ 削減（TRL7）	<ul style="list-style-type: none"> LCAによるCO₂削減効果の定量化 各ステージごとに、装置のユーティリティ使用量を計測しコスト試算を実施 	評価手法を確立することで、実装化可能性あり

2. 研究開発計画 ② / (3) 実施スケジュール

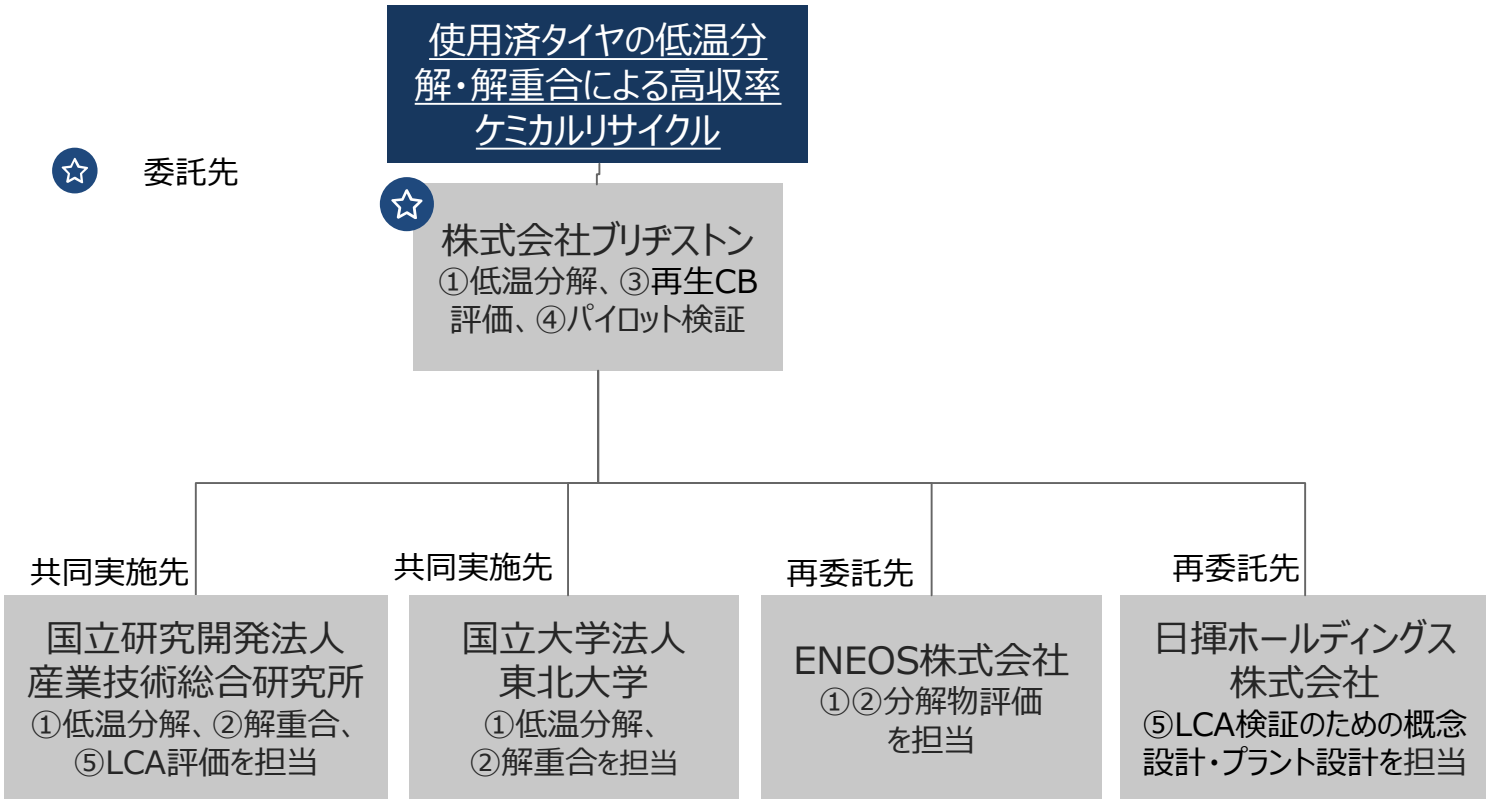
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画 ② / (4) 研究開発体制

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

- 研究開発全体の取りまとめは、(株)ブリヂストンが行う
- (株)ブリヂストンは、低温分解技術開発、再生CBの性能向上、パイロット設備での実証検討、LCA評価を担当する
- 産総研は、ゴムを低温分解、解重合反応・ベンチプラント検討・LCA評価を担当する
- 東北大学は、低温分解、解重合を主に熱分解法で検討
- ENEOS(株)は、分解物評価を担当する
- 日揮は、LCA検証のための概念設計・プラント設計を担当する

研究開発における連携方法

- 定例ミーティングを1回/月で実施し、進捗状況をシェア
- ブリヂストン、産総研、東北大で多様な手法から得られる低温熱分解物を、産総研、東北大で高選択解重合法を評価。分解法のベストミックスを明確化
- 機材が豊富な産総研・東北大での集中検討を実施

2. 研究開発計画 ② / (5) 技術的優位性

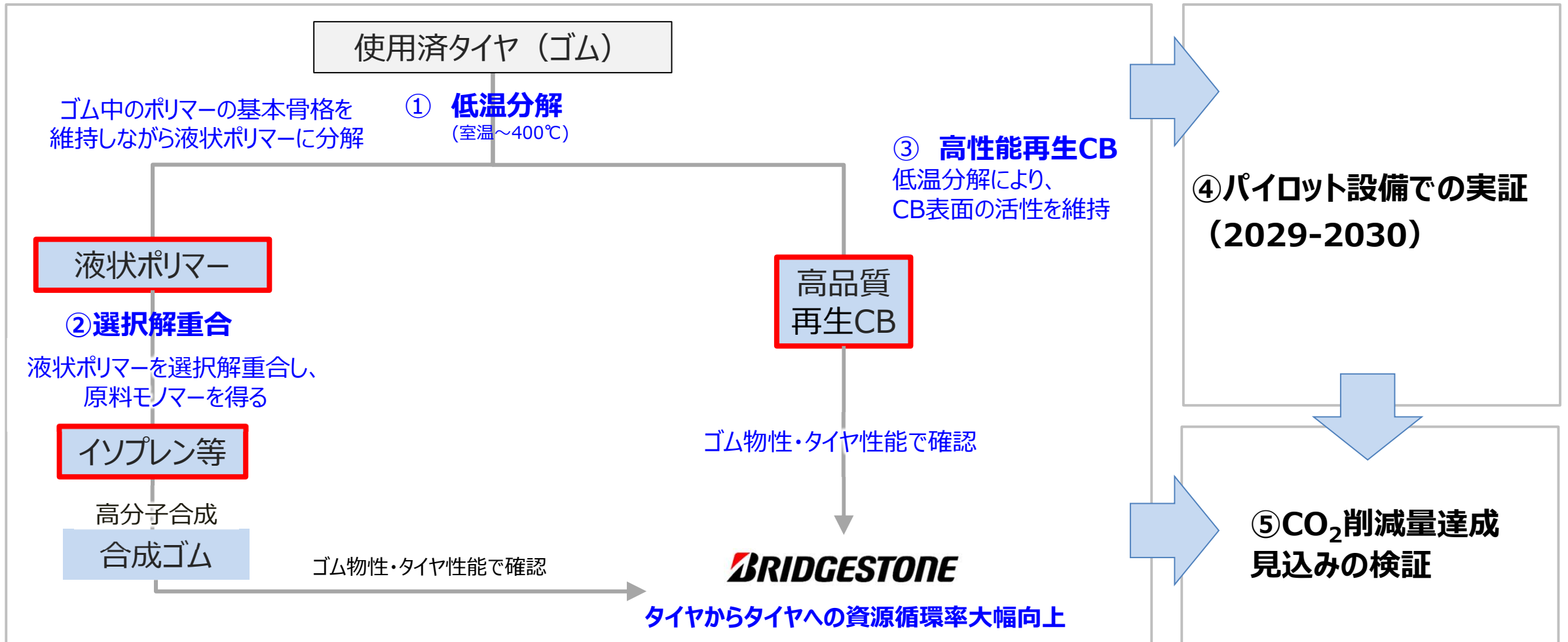
国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発テーマ	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・リスク
使用済タイヤからの化学品製造技術の開発 ② 使用済タイヤの低温分解・解重合による高収率リサイクル法開発	1 ゴムを低温分解する触媒・分解反応開発	<ul style="list-style-type: none"> 様々な機能性化学品製造プロセスの高効率化が可能な触媒技術の開発(産総研) 高分子熱分解解析技術(東北大) ゴム溶媒分解技術(ブリヂストン) 	→ <ul style="list-style-type: none"> 触媒についてさらなる性能向上と硫黄耐性を付与することが可能 高分子熱分解に関する多種の分析からメカニズム解析し、選択的な熱分解反応を提案可能
	2 高選択解重合法開発・最適化	<ul style="list-style-type: none"> 種々のバイオマス等の変換反応触媒の開発実績(産総研) 高分子熱分解解析技術(東北大) 	→ <ul style="list-style-type: none"> イソプレノイドを原料に触媒的分解反応によって、ゴム原料として重要なイソプレンへと変換する技術を確立 いろいろな元素化合物を低減する熱分解プロセス技術を有す
	3 高性能再生CBの開発	<ul style="list-style-type: none"> 米国で再生CB会社に投資しており、分析技術の知見を有す(ブリヂストン) ゴム・タイヤ評価技術(ブリヂストン) 	→ <ul style="list-style-type: none"> 少量分析での性能予測～タイヤ市場試験による再生カーボンブラックの補強予測が可能
	4 パイロット設備での実証	<ul style="list-style-type: none"> 使用済タイヤを回収するサプライチェーン(ブリヂストン) 石油精製・石油化学プロセスの開発実績あり、様々な炭化水素留分をアップグレードする知見を有する(ENEOS) 多様な原料の分解反応技術の設計/建設実績を有する国内有数のエンジニアリング会社(日揮ホールディングス) 	→ <ul style="list-style-type: none"> 使用済タイヤ回収から石油精製プラント設計・運営まで、各社の強みを活かしたプラント開発・実証試験が可能。
	5 CO ₂ 削減量達成見込みの検証	<ul style="list-style-type: none"> プラント設計技術(日揮ホールディングス) LCA評価及び予測技術(産総研) 	→ <ul style="list-style-type: none"> 適切な反応器タイプの評価と、反応生成物の精製プロセスの開発を成し得る技術力と実績を有する。開発するプロセスの全体最適化と実用化を見据えた経済性の向上に資する。

2. 研究開発計画 ② / (5) 技術的優位性

タイヤ分解油・再生CBともに高リサイクル率でタイヤ原材料に戻す技術を開発、社会実装する

② 使用済タイヤの低温分解・解重合による高収率リサイクル法開発 〈開発全体像〉



2. 研究開発計画 ② / (5) 技術的優位性

タイヤ分解油・再生CBともに高リサイクル率でタイヤ材料に戻す海外他社対比優位な技術を開発する

□ 低温熱分解技術開発による生成物の価値

タイヤ熱分解生成物

タイヤ分解油



再生CB(カーボンブラック)



現状	燃料として利用 (ナフサ~重油までの混合油、高硫黄、高窒素)	タイヤ原材料への活用は限定的 (表面官能基の失活/表面汚染によるCBの反応性低下)
海外他社 動向	石化原料化&合成ガス化 プラスチック原料として利用検討	CB表面汚染物の除去による反応性改善

低温分解・解重合プロセス最適化

① 精密熱分解による ケミカルリサイクル	精密熱分解⇒石化原料化⇒ C_2, C_3, C_4, BTX SBR, BRのカーボンニュートラル化	CB表面汚染物の除去による反応性改善 高いCB性能
② 低温分解による ケミカルリサイクル	低温分解⇒液状ポリマー化⇒ $C_5, (BTX)$ IRのカーボンニュートラル化及び天然ゴム代替資源	低温分解によりCB表面官能基の失活を抑制 新品CBに近いレベルの補強

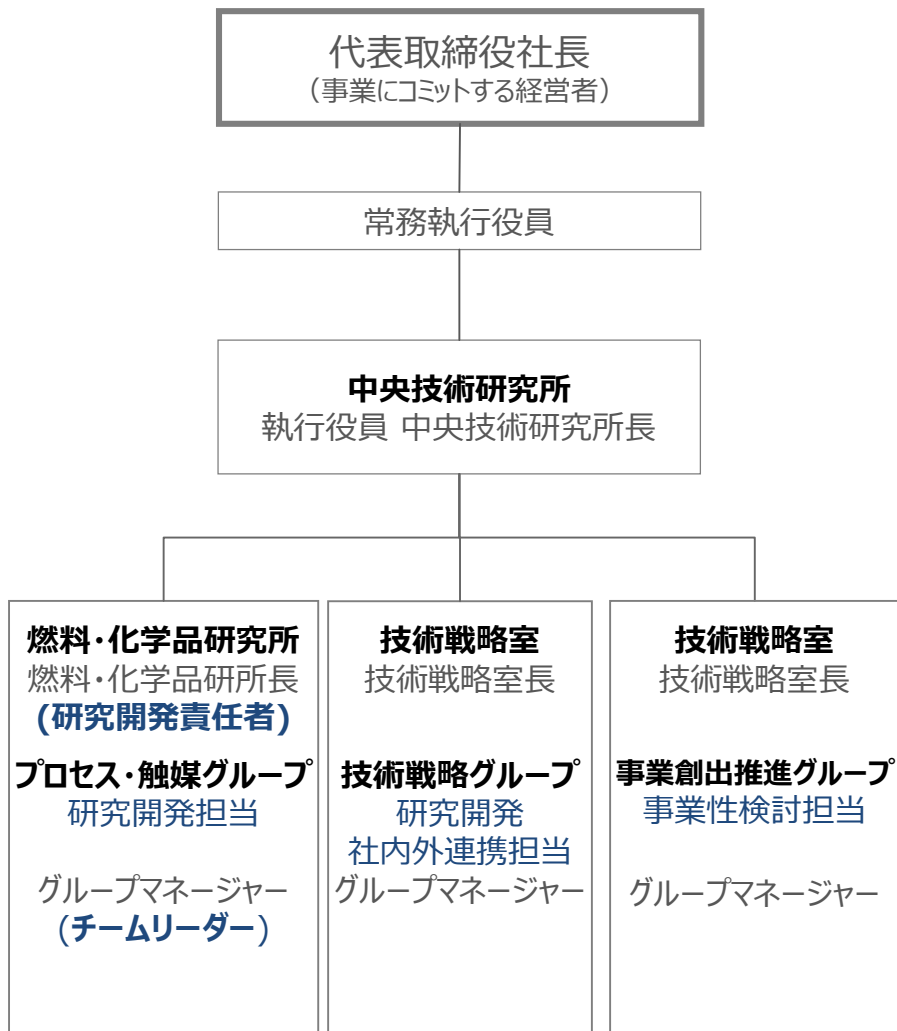
3. イノベーション推進体制

(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**
 - 燃料・化学品研究所長
：全体総括
- **担当グループ**
 - プロセス・触媒グループ
 - 技術戦略グループ
 - 事業創出推進グループ
 - 設備戦略グループ
 - 基礎化学品企画グループ
- **研究開発責任者/チームリーダー級の実績**
 - 研究開発責任者：油の精製、分解技術開発、大型実証、事業性検討の実績（研究開発責任者）
 - プロセス・触媒グループマネージャー：油の精製、分解技術開発等の実績（チームリーダー）
 - 技術戦略グループマネージャー：研究開発技術戦略策定の実績
 - 事業創出推進グループマネージャー：事業性検討の実績

部門間の連携方法

- 部門間の密な連携体制を構築（総括：技術戦略グループ）
 - 関係各部署部長レベルでの進捗報告（経営企画部、技術計画部、基礎化学品企画部）
 - 定期的な経営会議報告

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

経営者等によるリサイクル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
 - 長期ビジョン、第2次中期経営計画ならびにその進捗の公表資料において、当社の目指す事業像を発信
 - 上記において当社は、環境対応型事業として、製油所を活用した油化リサイクルの実証を推進すること、製油所のケミカルリファイナリー化の推進しケミカル比率向上に向けた施策を具体化することを明示
 - 技術革新を創出するため、スタートアップ企業や大学も含む異業種における技術・アイデアを柔軟に活用する体制を構築
- 事業のモニタリング・管理
 - 必要に応じて都度進捗を確認することに加え、経営会議において業務執行状況報告を実施し、PJ主管部門に対して進捗を確認
 - 社外取締役を含む取締役会においても、業務執行状況報告を実施し、社外からの意見を幅広く取り入れ
 - 事業化に係る投資意思決定に際しては、内部収益率(IRR)、回収期間、正味現在価値(NPV)、投資金額等を参考として把握し、総合的に投資判断を実施

経営者等の評価・報酬への反映

- CO₂削減量の達成状況は取締役の報酬の評価指標の一部。全社または管掌部門単位のCO₂削減量を報酬に反映（特定のPJの進捗が反映されるわけではない）

事業の継続性確保の取組

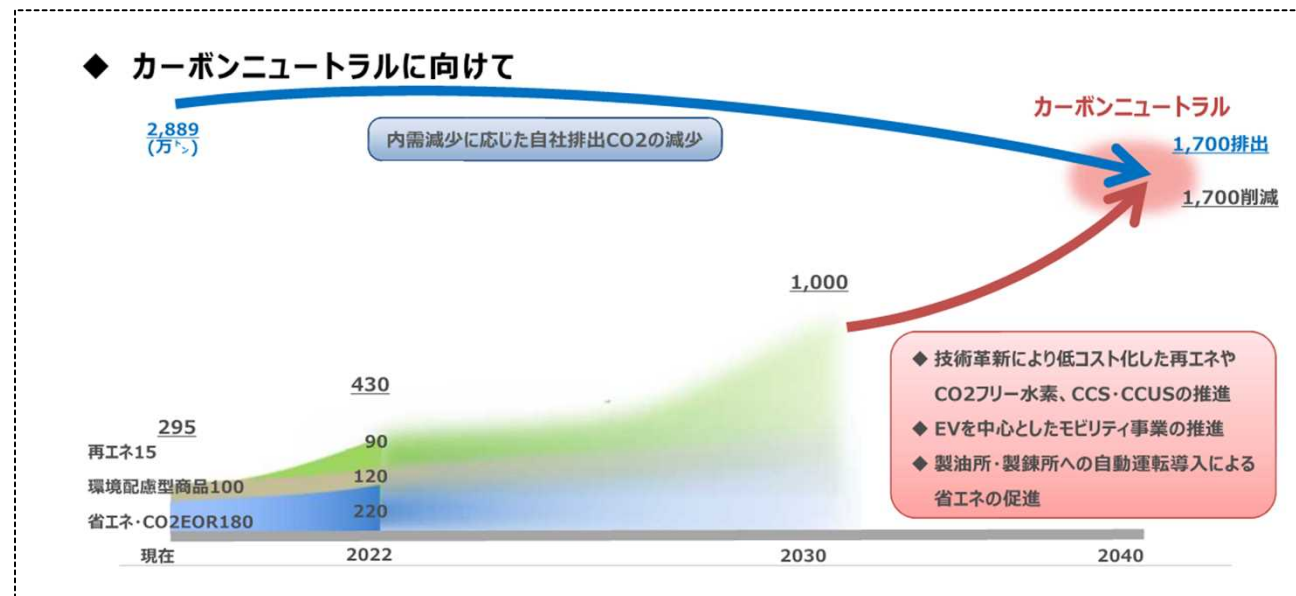
- 環境対応型事業（リサイクル）を当社事業戦略の中核の一つとして明確化したことにより、長期的に継続して取り組む事業として位置付け

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リサイクル事業を位置づけ、広く情報発信

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
 - 2018年度に長期ビジョンを策定し、取締役会において決議
 - 上記において、当社は2040年に向けてカーボンニュートラルを目指すこと目標として提示
 - 同方針において、環境対応型事業は重要なアイテムと位置付け
- 事業戦略・事業計画への落とし込み
 - 2020年度に第2次中期経営計画を策定し、取締役会において決議
 - 同計画は、カーボンニュートラルの実現に向けた取り組みを具体化したもの。環境対応型事業の一つとしてケミカルリサイクル（油化）を設定
 - 計画策定以降も検討を継続し、事業環境の変化等を踏まえ適宜見直し・計画のアップデートを実施



ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - 以下の通り情報を開示
 - ・ 中期経営計画の I R 資料
 - ・ 統合報告書
 - ・ ESG説明会
- ステークホルダーへの説明
 - 本PJに採択された際には、上記の開示方法等を通じて世間に広報する予定

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
 - 2020年6月のグループ運営体制変更を機に、全社的に大幅な権限移譲を進めており、事業部門によるスピード感をもった意思決定や業務執行可能な体制を構築している。また、リソースの追加等の権限を超えた意思決定が必要になった際は、期初・期央を問わず然るべきタイミングで経営会議にて審議・決定
 - 革新技術/事業の創出にあたり、自前主義に拘ることなく、スタートアップや大学等の外部リソースを積極的に活用する体制を構築済
- 人材・設備・資金の投入方針
 - 環境配慮型事業（油化リサイクル）を当社の目指す事業像として明確化し、長期的に継続して取り組む事業として位置付けており、一定の経営資源を継続的に投入することを方針としている
 - 既存の石油・ガス・電力事業で培ったノウハウを有する社内の人材を活用し、環境配慮型事業（油化リサイクル）における技術、製造、販売等の多様な専門人材を確保
 - 本事業においては、既存のサプライチェーンである石油精製・石油化学コンビナート内、もしくは近隣地にタイヤ油化プラント、石化原料化プラントを設置する。既存の化学品製造装置も活用する事で、最大限の効率運転を実施

専門部署の設置

- 専門部署の設置
 - 中央技術研究所内の一グループに、当該技術開発を専門に行う人材を配置済。また、事業性検討を行う人材も社内で確保済
 - 異なる部門間で横断的に検討し経営に答申する仕組みを通じて、既存事業との連携・アセットの活用等を行う体制を構築済
- 若手人材の育成
 - 上記グループでは、経験豊富な専門人材とともに、社内公募制度等を活用した若手人材を登用する等、適切な年齢構成の人員編成を行い、今後の脱炭素化に向かう十数年スパンの事業構造転換を念頭に、効率的かつ効果的な人材育成、ノウハウの伝承を実施
 - GI基金の社会実装と並行し、別途、研究部門において、本件に関する次世代の革新的な技術シーズの研究開発を実施するにあたり、学会やアクセラレーションプログラム等を活用し、アカデミアやスタートアップとのオープンイノベーションを推進

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、研究開発費用の超過等の事態に陥った場合には事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 他社による知財権利化によるリスク
→ 定期的な知財チェックを実施
→ ライセンス契約締結を検討
- 研究開発各項目の遅延によるリスク
→ 年度ごとの総括やステージゲート(23、26年度)において、設定したKPIを達成できているかを判断、未達の場合は都度リカバリー策を立案
- 研究開発費用の超過リスク
→ 実証機設計、建設前段階でコスト精査を行い、対応策を策定
為替、材料費など市場環境を監視し、コスト削減策の検討を継続して実施
必要に応じ実証内容・スケジュール変更を検討

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 投資採算性のリスク
→ コンソーシアム内に保有する既存設備を最大限利用し、設備投資額を圧縮
為替、材料費など市場環境を監視し、コスト削減策の検討を継続して実施
リサイクル生成物の余剰在庫による採算悪化については、まずは内部使用を進めると同時に中期的な市況を見据えて判断

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 自然災害発生によるリスク
→ 設備の耐震化等、必要な対策を実施
過去の自然災害の記録を確認し、必要に応じ適切な保険の担保を実施
- 政府支援策の変更・縮小等によるリスク
→ 政府機関との情報交換を密に実施
- 実証/事業実施場所の地域社会との関係悪化のリスク
→ 自治体などと連携し、必要に応じて近隣施設、住民への事業説明を実施



- 事業中止の判断基準：
上記リスクの対応にも関わらず改善策が見出せない場合、改善策実施後も大幅なコスト増・スケジュール遅延が見込まれる場合、又は参画する各事業者において継続不可との意思決定がなされた場合は、コンソーシアムの他案件の継続如何に依らず事業中止を検討