

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：「燃料アンモニアサプライチェーン構築に係るアンモニア製造新触媒の開発・技術実証」
【研究開発項目1】アンモニア供給コストの低減 ①アンモニア製造新触媒の開発・実証

実施者名：東京電力ホールディングス株式会社 代表名：代表取締役社長 小早川智明

（コンソーシアム内実施者（再委託先除く）：千代田化工建設株式会社（幹事企業）、株式会社JERA）

目次

- 0. コンソーシアム内における各主体の役割分担（各社共通）
- 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（各社共通）
 - （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（各社共通）
 - （1）想定されるリスク要因と対処方針

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

幹事企業

JERA

JERAが実施する研究開発の内容

- ・ アンモニアサプライチェーンのコスト評価
- ・ アンモニアサプライチェーンの費用・量の評価等を担当

JERAの社会実装に向けた取組内容

- ・ 発電所への適用性評価
- ・ 利用者側からのバリューチェーン最適化検討等を担当

東京電力ホールディングス

東京電力HDが実施する研究開発の内容

- ・ 触媒開発（酸水素化物系）
- ・ ユーザー評価
- ・ アンモニア触媒の探索等を担当

東京電力HDの社会実装に向けた取組内容

- ・ アンモニア製造ユーザー評価等を担当

千代田化工建設

CYDが実施する研究開発の内容

- ・ 触媒開発（塩基性複合酸化物系, エレクトライド系）
- ・ アンモニア触媒の評価/選定
- ・ アンモニアプロセス設計から触媒開発へのF/B
- ・ 最適プロセスの構築
- ・ ペンチ/パイロット試験
- ・ 商業化検討等を担当

CYDの社会実装に向けた取組内容

- ・ アンモニア製造運転コスト低減
- ・ アンモニア製造技術確立等を担当

実施プロジェクトの目的：燃料アンモニア需要が高まる将来に向けて、社会・顧客に対して安価にアンモニアを提供する技術確立の実現

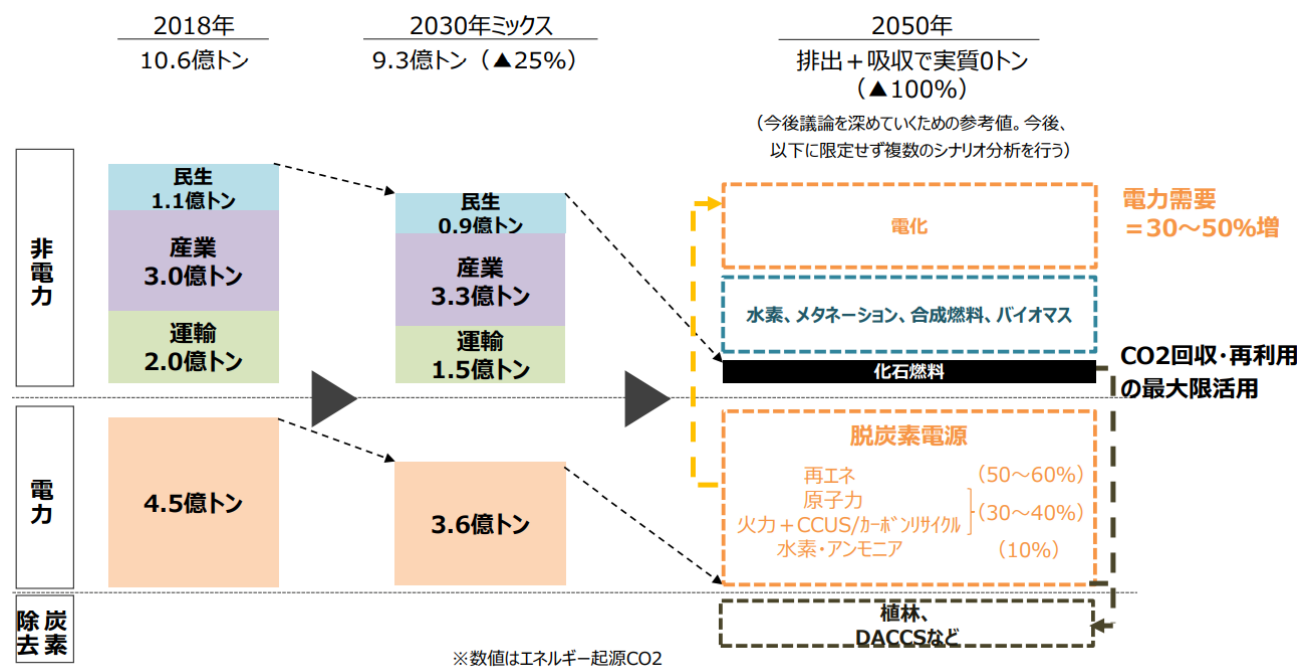
1. 事業戦略・事業計画

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に伴うエネルギー需給構造変化

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

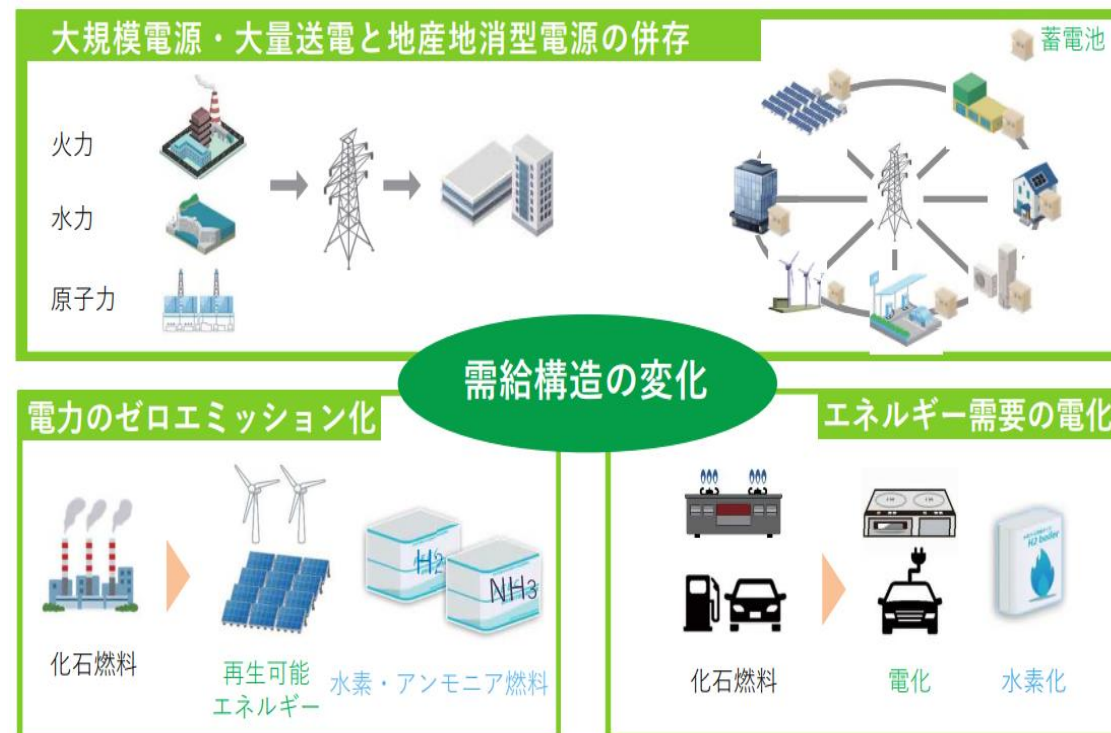
- カーボンニュートラル社会を実現していくためには、中長期的に化石燃料への依存度を減らし、CO₂削減施策を総動員する必要がある。
- 2020年12月に「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定され、「脱炭素電源」「電化」「水素等利用」「CO₂吸収・再利用」という4つの方策が示された。



2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（経済産業省）より

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

- 需要側で太陽光や蓄電池の普及拡大が進むと、自家発電・自家消費、地産地消の広がりが見込まれる。
- この変化は災害に対するレジリエンス向上の観点でも有効だが、一方で太陽光・風力は発電量の変動が大きいという課題もある。
- 安定供給のためには、ゼロエミッション電源の開発とエネルギー需要の更なる電化（非化石燃料による間接電化を含む）促進の両輪が不可欠



1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

お客さまとともに実現するカーボンニュートラル

- 市場機会：
カーボンニュートラル実現のためには、電源のゼロエミッション化とともに、化石燃料を電気に置き換える「電化」など、エネルギー需要側の取組も重要
- 社会・顧客・国民等と与えるインパクト：
社会に対して東京電力は、非常時のエネルギーレジリエンスの向上や快適な生活、そしてカーボンニュートラルに向けて、お客さまとともに取組を進める。



- 当該変化に対する経営ビジョン：カーボンニュートラル宣言

- 東京電力は重要な経営課題として地球温暖化対策に取り組んできたが、世界的な潮流を捉え、カーボンニュートラルを軸としたビジネスモデルへの大胆な変革に乗り出す。
- 下記の目標を掲げ、ゼロエミッション電源の開発とエネルギー需要の更なる電化促進の両輪でグループの総力をあげた取組を展開し、社会とともにカーボンニュートラルの実現をリードする。



蓄電池のイメージ

2030年度目標：
販売電力由来のCO₂排出量を
2013年度比で2030年度に50%削減

2050年目標：
2050年におけるエネルギー供給由来の
CO₂排出実質ゼロ



1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

東京電力HDの事業ビジョンにおける火力事業領域の位置付け
（「第四次総合特別事業計画（四次総特）の概要」より）

- 四次総特は東電HDの事業計画で、経産大臣が承認済み。
- 福島責任の貫徹と将来的な自律的雲煙体制に向けた取り組み強化のための基本方針の1つとして「カーボンニュートラルへの挑戦」を掲げている。
- これは政府の「2050年カーボンニュートラル」宣言や、従来より高い2030年の温室効果ガス削減目標をふまえて、当社を含めた日本全体でカーボンニュートラルへの挑戦が期待されているという事業環境変化に基づいている。
- 特に燃料・火力の分野では高効率な石炭火力発電所におけるアンモニア混焼実証を進めること等を示している。

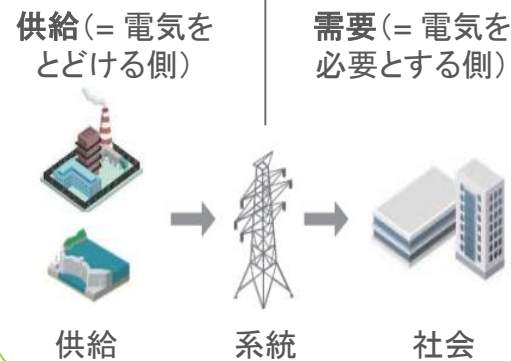
ビジネスの取組	目標	● 販売電力由来のCO2排出量を2013年度比で2030年度に50%削減
		● 2050年におけるエネルギー供給由来のCO2排出実質ゼロ
		● ゼロエミッション電源の開発とエネルギー需要の電化促進
	投資	● 2030年度までに、最大で3兆円規模のカーボンニュートラル関連の投資を実施
	再エネ	● 2030年度までに洋上風力を中心に国内外で600～700万kW程度の新規再エネ電源を開発し、再エネの主力電源化と年間1,000億円規模の純利益を目指す
		● 2023年度から本格化する投資に備え、アライアンスの活用など資金的・技術的な基盤の強化を図る
	燃料 火力	● 2030年までにJERA保有の非効率な石炭火力発電所を全台廃止
		● 高効率な石炭火力発電所におけるアンモニア混焼実証を進め、2030年までに本格運用を開始し、 <u>2040年代にはアンモニア専焼プラントリプレイスにチャレンジ</u>
		● <u>水素混焼ガスタービンの導入にチャレンジし2030年代に本格運用を開始、2050年に向けて混焼率を拡大しゼロエミッション火力の実現を目指す</u>

「第四次総合特別事業計画」におけるカーボンニュートラルの取組より

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

中長期を見据えた当社方針 ゼロエミッション電源の開発とエネルギー需要の更なる電化促進の両輪が不可欠

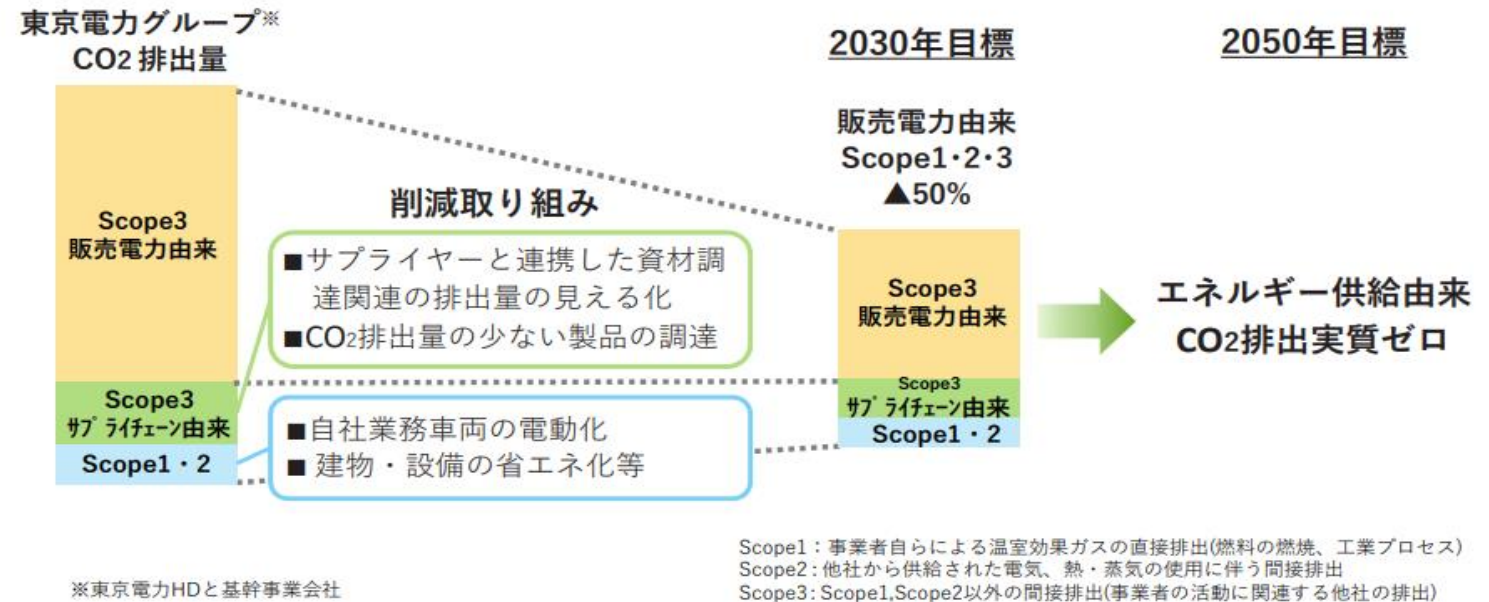
● セグメント分析：需要と供給



需要側
地産地消型
設備サービス
事業の拡大
(太陽光・蓄電池等)

- 太陽光・風力は発電量の変動が大きく、需要と供給のミスマッチが起こるリスクにもなる。
- 安定供給のためには、ベース電源と需給バランスを調整する調整電源(ゼロエミッション火力)の組み合わせが極めて重要
- またエネルギー貯蔵を活用した「貯めて使う」ことも安定供給のカギとなる。

供給側
既存事業の
CO₂排出削減



1. 事業戦略・事業計画／（２）市場のセグメント・ターゲット

エネルギー需給構造変化への挑戦

ターゲットの概要

供給に関する方針 化石燃料依存を減らしつつ供給力を確保

- 太陽光・洋上風力をはじめとした再生可能エネルギーの開発に取り組むとともに、ベースロード電源として水力・原子力・地熱を活用していく。
- カーボンニュートラルな電気を安定的に供給する調整電源として、ゼロエミッション火力（アンモニア・水素の混焼・専焼）も推進する。

太陽光



- ・ 法人のお客さまへのオンサイト・オフサイト太陽光によるエネルギーサービスを展開
- ・ 家庭向け電化パッケージによる太陽光導入

洋上風力



- ・ 公募入札での落札を目指し、競争力を高め、着床式洋上風力開発を推進
- ・ 浮体式洋上風力の実証を進め、国内トップランナーへ

地熱



- ・ 関東を中心に地点開発

水力



- ・ 既設発電所のリパワリングによる設備信頼度の向上・長寿命化・発電電力量の増加

原子力



- ・ CO₂を出さない重要な安定電源
- ・ 「福島第一原子力発電所事故の反省と教訓」という原点に立ち返り、社会のみなさまに大変なご不安をおかけした一連の事案等を踏まえ、安全最優先を徹底

ゼロエミッション火力



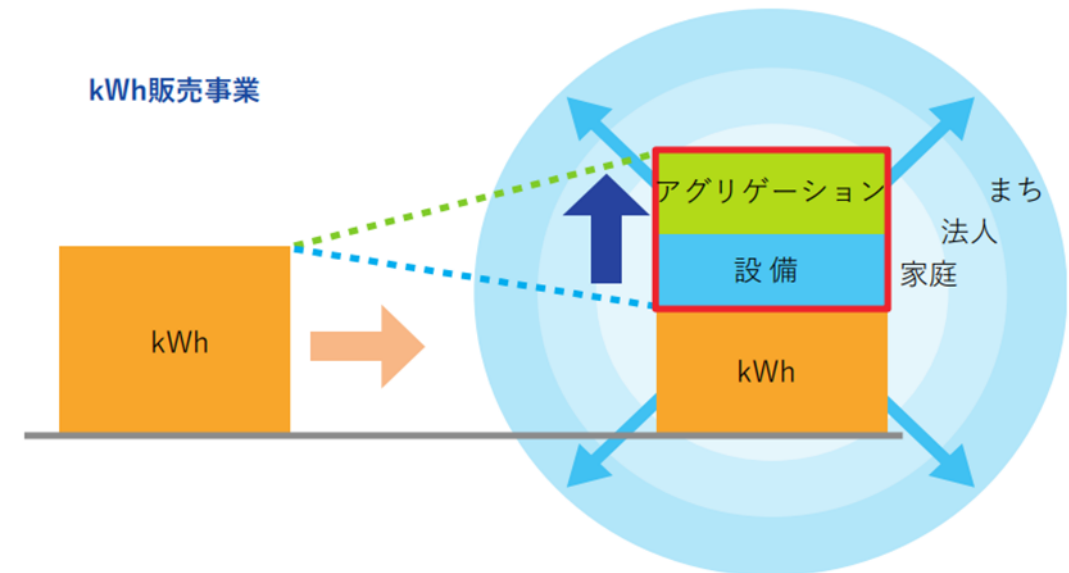
- ・ JERAにおける2030年までの非効率石炭火力の全台停廃止、アンモニア・水素混焼等のゼロエミッション化の取り組みを支援

需要に関する方針 地産地消型システム構築に向けたビジネスモデル変革

- 「貯めて使う」地産地消型システムを推進
- お客さま設備から生み出されるエネルギー資源を集めて、需給調整・環境価値取引などのニーズに応えられるようアグリゲーション事業の展開を進める。
- こうした新たな事業展開により、強靱かつ柔軟な新たな電力システムの構築を目指す。

これまでの当社事業

これからの当社事業



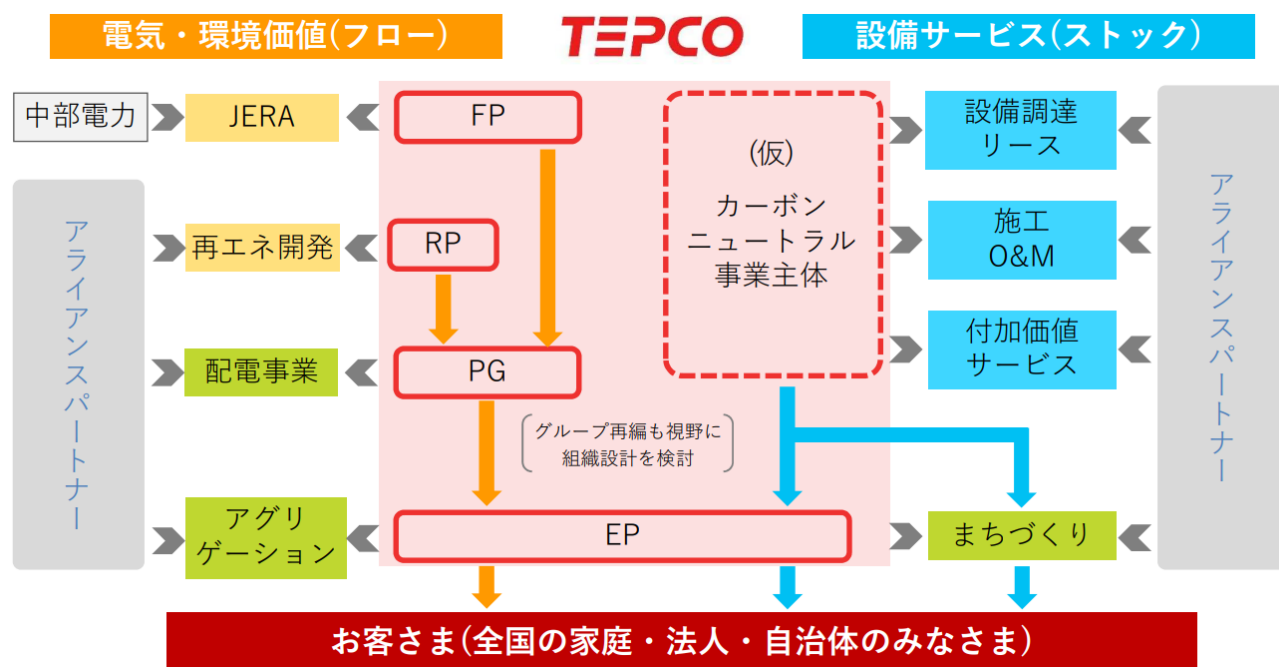
1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

カーボンニュートラルに向けたベストミックスとビジネスモデル変革

社会・顧客に対する提供価値とビジネスモデルの概要

- 供給に対して東京電力は、再生可能エネルギーの開発とともにゼロエミッション火力(アンモニア・水素の混焼・専焼)も推進。エネルギー事業者としてS+3Eの観点を踏まえ、カーボンニュートラルに向けたエネルギーのベストミックスを目指す。
- 需要に対する取組として地産地消型システムを推進するため、これまでの電気(kWh)の販売事業から設備サービス事業にビジネスモデルの軸を大胆にシフトすることも検討。グリーン燃料(アンモニア・水素)は電力用に留まらず他産業への販売も視野に入れる。

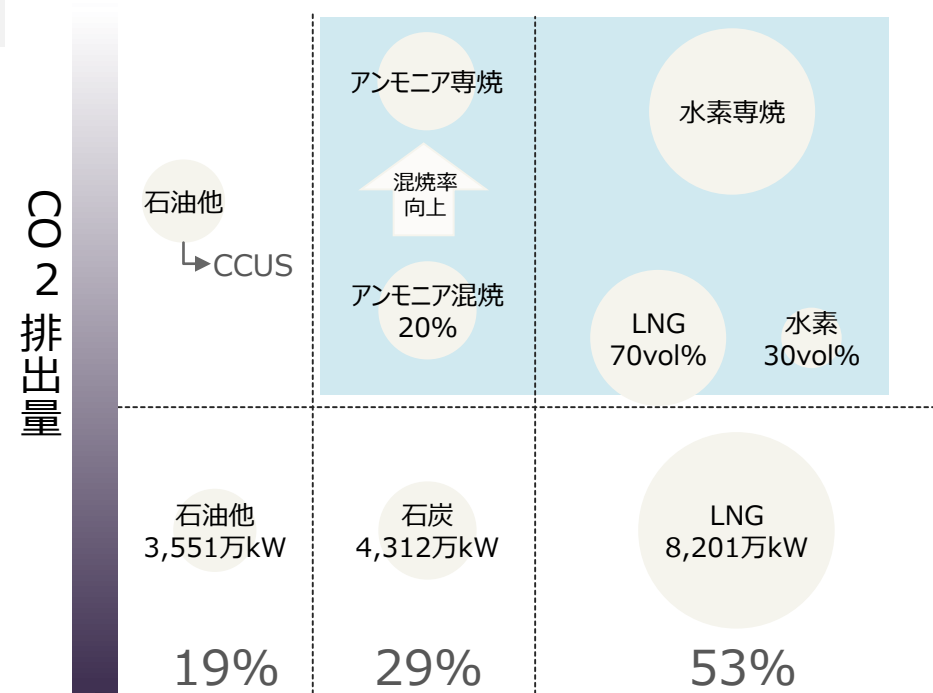
ビジネスモデル変革を念頭においたアライアンス・グループ再編（イメージ）



研究開発計画との関係性

- アンモニア等のグリーン燃料のサプライチェーン全体の構築に参画
- アンモニア混焼の実施（JERA）

化石燃料発電出力構成のセグメンテーション



日本の化石燃料発電容量

電力広域的運用推進機関「2021年度年次報告書 供給計画の取りまとめ」より

© 2024 TEPCO HOLDINGS, INC.

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

燃料アンモニアの普及・拡大を見据えた標準化を推進

- お客さまに環境価値をお届けし、カーボンニュートラルをリードしていくことで、グローバルなエネルギー企業としての社会的責任を果たしつつ持続的な企業価値向上に取り組む。JERA・千代田化工と協働で標準化を推進する。

海外の標準化や規制の動向

（海外の標準化動向）

- ・ アンモニアは、肥料・化学用途で普及。
- ・ アンモニア製造技術は海外ライセンサーが保有
- ・ 既存の製造技術(ハーバーボッシュ法)は高温高压プロセス

（規制動向）

- ・ アンモニア自体の取扱いに際する安全等に関しては、化学物質管理や労働安全管理等の各国の法律が存在し、適切に運用されている。

標準化の取組方針

- ・ 燃料用アンモニアの普及・拡大に向けて、早期からバリューチェーン全体に関与し、グリーンアンモニアの価値認証の仕組みづくりを志向する。
- ・ 日本における燃料用アンモニアの普及・拡大に向けて、アンモニア製造技術(触媒/反応器等)の国産化を行う。
- ・ アンモニアの燃料利用による脱炭素化推進に向けて、既存製造技術よりも製造コストを低減できる技術の開発を目指す。また、開発する触媒は、既存触媒と同等程度の供給安定性を目指す。
- ・ 開発した製造技術を燃料アンモニアサプライチェーンに適用することによるコストメリットを算出する。

知財、その他規制等に関する取組方針・内容

- ・ 社会実装のために、2024年度以降に触媒の特許化、2027年度以降に製造プロセスの特許化(ライセンス化)したうえで、ユーザーとして性能・信頼性を確認することで普及拡大を目指す。
- ・ 脱炭素化社会における燃料アンモニアの普及・拡大に向けて、ライセンスを活用した海外展開も志向

標準化の取組内容（全事業期間通じて）

燃料アンモニアバリューチェーン構築の方向性

- ・ 発電技術の開発だけでなく、製造（触媒）技術の開発や、国際入札も含めクリーンな燃料アンモニアのサプライチェーン構築に向け、国内外のエネルギー企業や既存のアンモニア製造企業等との協業可能性検討を進めている。

製造技術開発の方向性(触媒含む)

- ・ 本事業のKPIに従い、アンモニア製造の運転コスト（人件費を除く）を15%以上低減する合成技術の確立を行う。
- ・ アンモニア製造コストの低減のため、ハーバーボッシュ法よりも低温・低圧で製造可能であり、特殊な原料（貴金属）、製造方法を必要としない触媒の開発を行う。
- ・ 開発した触媒を評価するため、例えば統一条件での試験を行う。
- ・ ベンチ試験・パイロット試験を通じて、運用技術の確立および実証データを活用し、触媒最適化等を行い、最適な製造技術の開発を目指す。

サプライチェーン調査の方向性

- ・ ユーザーとして、開発した製造技術を適用した際の、ブルー/グリーンアンモニアサプライチェーンの調達コストを調査していく。

1. 事業戦略・事業計画／（４）経営資源・ポジショニング

安心で快適なくらしのためエネルギーの未来を切り拓く

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- お客さまがエネルギーに対して期待する「安心」「カーボンニュートラル」「省エネ」「省力化」を提供価値の中心に据える。

自社の強み

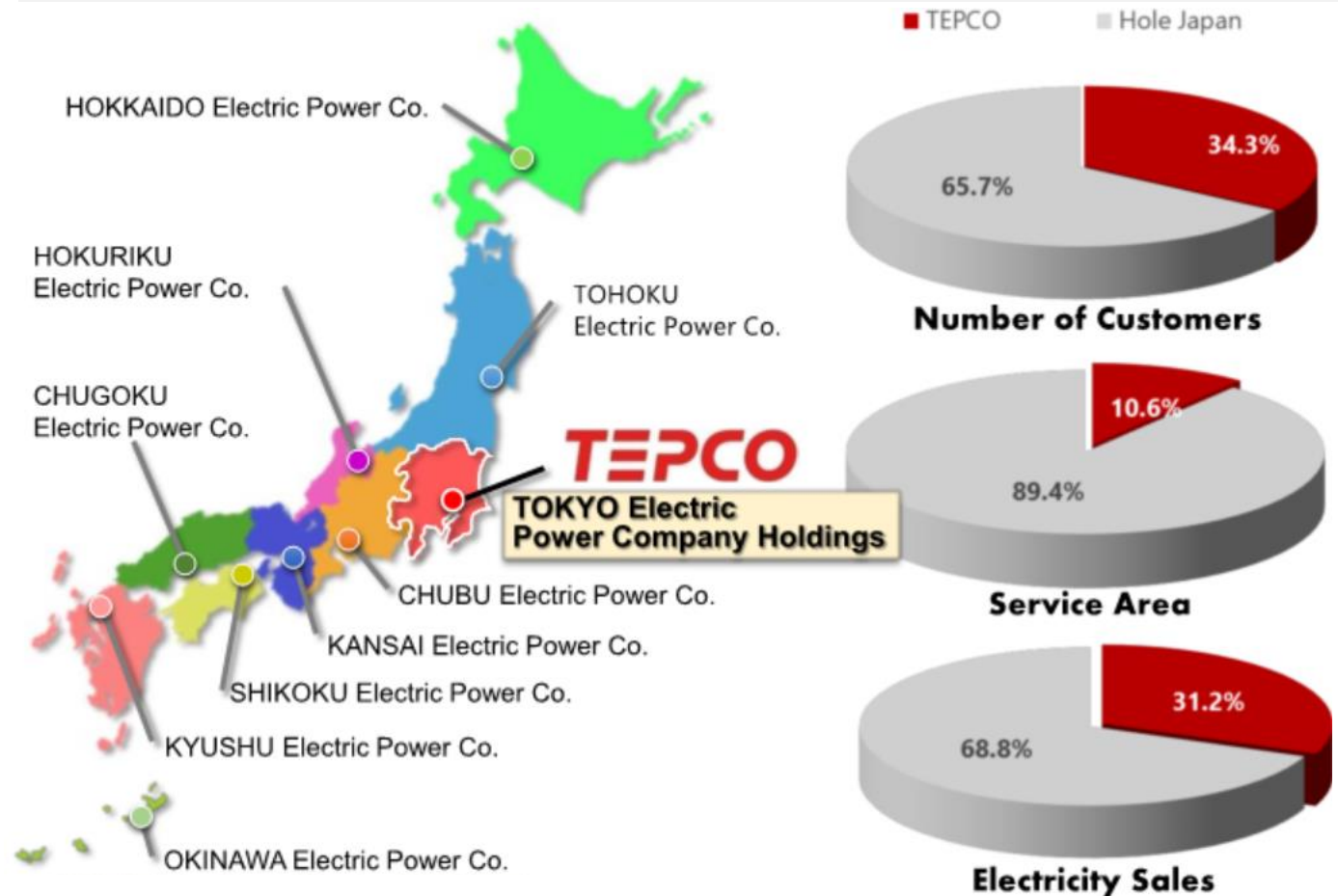
- JERAを傘下にもつ東京電力フュエル＆パワーをはじめ、東京電力パワーグリッド、東京電力エナジーパートナー、東京電力リニューアブルパワーという4つの事業子会社をもち、供給から需要までエネルギーに関する幅広い経験と技術力を有する。
- 非化石燃料の1つとして、アンモニア原料となる水素にも注目、国の支援を受けながら実証事業を進めており知見がある。

自社の弱み及び対応

- 研究所をもち研究開発は可能だが、メーカーではないため自社工場を持たない。次のステップに進むためにはパートナーを必要とする。
- 千代田化工、JERAとのコンソーシアムにより対応

他社に対する比較優位性

- 国内需要の3分の1をお客さまとする世界有数の電力会社であり、発電、送配電、カスタマーサービスまで幅広い経験と技術力を有する。



1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

2030年度までの研究開発の後、2031年度以降に事業化、2040年代前半に投資回収を想定

各社共通

研究開発												事業化	投資回収（2040年代前半）
	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度	2026 年度	2027 年度	2028 年度	2029 年度	2030 年度	2031 年度～	事業化Phase	
売上高	—											<p>【投資回収イメージ】</p> <ul style="list-style-type: none">・運転コスト15%削減（Phase 1検討にて精査中）を達成・研究開発費相当（自己負担分）をライセンス収益から回収、2040年代前半に回収可能と想定。 <p>想定条件</p> <ul style="list-style-type: none">・発電用途の国内アンモニア需要年間300万t(2030年)、年間3000万t(2050年)・2031年以降に100万t/年規模アンモニアプラントを定期的に案件獲得し、ライセンス収益を得る想定。 <p>CO₂削減効果(*1)</p> <ul style="list-style-type: none">・発電所へのアンモニア混焼利用で100万トン/年のアンモニアプラント1基分でCO₂削減効果は約200万トン/年	
研究開発費	約240億円（本事業の支援期間、国費負担分を含む）												
取組の段階	<div><div>Phase1</div><div>Phase2 (ベンチ試験)</div><div>Phase3 (パイロット試験)</div></div>												
CO ₂ 削減効果(MMt)	—												

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">触媒の競争開発による開発の加速と開発目標達成の確実性向上将来的なアンモニア市場の拡大に備え、既存のプロセスよりも効率的な製造を可能とする触媒の開発に伴うサプライチェーン検討	<ul style="list-style-type: none">特殊な原料、製造方法を必要としない触媒を開発し、国内外の触媒メーカーにて委託製造可能な触媒とすることで、触媒供給安定性を向上する。	<ul style="list-style-type: none">千代田化工・JERAとのコンソーシアム形成、共同知財を保有することで、ライセンサーとしての収益を得ることができる。安価なアンモニアを調達することで、将来的なCO₂フリー電気の競争力創出
進捗状況	<ul style="list-style-type: none">触媒開発目標をより明確化するため、具体的な触媒選定方法を協議済アンモニアサプライチェーンや製造コストに関する調査を実施中	<ul style="list-style-type: none">連携先触媒メーカーを検討中早期の実証開始に向けて水素供給候補地を比較検証して絞り込みを実施	<ul style="list-style-type: none">社内事業戦略系部門をはじめ広く社内関係部門と協議中
国際競争上の優位性	<ul style="list-style-type: none">触媒開発やプラント製造の技術・知見を保有する千代田化工、アンモニア混焼の実証フィールドを持つJERAとのコンソーシアムにより、開発完了から社会実装、大規模展開にスムーズに移行できる。	<ul style="list-style-type: none">固定の生産設備を持たないため、高い経済性と供給面での柔軟性・安定性を両立できる。	<ul style="list-style-type: none">開発段階から、エンジニアリング会社の千代田化工、燃料ユーザーである東電とJERAが密に連携することにより、現実的でリーズナブルな技術の完成を最短で実現できる。燃料アンモニアサプライチェーンの構築において、過去にLNGを導入した経験や保有するLNGバリューチェーンの強みが活かされる。

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、自己負担を予定

各社共通

✓ 2030年までの基金適用期間の研究開発にかかる総事業費は240億円程度

事業化

	2021年度	...	2030年度	...	NX年度
事業全体の資金需要	約240億円				
うち研究開発投資	約240億円				
国費負担※ (委託又は補助)	約206億円				
自己負担	パイロット試験設備などの研究開発段階においても一部自己負担（約34億円）を予定。			本事業期間にて低温低圧アンモニア技術開発を完了させた後、引き続き案件獲得に向け、自己負担により継続的な研究開発投資や営業活動を実施する予定。	

※インセンティブが全額支払われた場合

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

アウトプット目標アンモニア合成部運転コスト15%減を達成するためのKPI設定

研究開発項目		アウトプット目標	
1. 触媒開発		・ 反応温度圧力を下げてワンパス転化率30%以上を確保できる高活性な触媒の開発と工業化（運転コスト7.5～15%低減を可能とする条件）	
研究開発内容		KPI	KPI設定の考え方
① 触媒性能向上		ワンパス転化率30%以上の反応率到達	アンモニア合成部の運転コスト7.5～15%低減
② 触媒工業化		妥当な製造方法、コストでの大量生産方法の確立	工業化に必要な安価で大量に生産する触媒製造法の確立が必要
③ 触媒寿命確認		商業化に耐える触媒寿命に相当することを加速劣化条件での確認	一般的なアンモニア合成触媒の寿命相当

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

アウトプット目標アンモニア合成部運転コスト15%減を達成するためのKPI設定

研究開発項目	アウトプット目標		
2. 最適プロセスの構築	同一の熱改質を用いた際に、原料ガス（水素＋窒素）からアンモニアを合成するプロセス全体の設備費用を増やすことなく、アンモニア製造の運転コスト（人件費を除く）を15%以上低減する合成技術の確立		
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	
① 低温低圧条件に適したプロセスの構築（Phase 1）	プロセス全体の設備費用を増やすことなく、運転コストを15%以上低減可能な温度・圧力条件の選定 その条件に最適な触媒選定/反応器設計	圧力・温度の低減は、運転コスト削減のメリットと反応速度低下のデメリットがあり、単純に圧力・温度を下げるだけではアウトプット目標の達成は不可能であるため、触媒性能、反応器設計、コストを考慮して最適条件を見極める。	
② ベンチ試験（Phase 2）	ベンチ装置で取得したデータに基づく商業機ベースでの運転コストで15%以上低減達成	触媒・プロセスの性能がアウトプット目標を達成できることを確認する。	
③ パイロット試験（Phase 3）	運転コスト15%以上低減条件での商業化を見据えた連続安定運転達成	システム全体での性能を商業運転を想定した時間軸で検証を実施する。	

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 触媒性能向上	ワンパス転化率30%以上の反応率到達	325~450deg.C/ 5~10 MPaG (提案時TRL3 → 現状TRL3)	頻度因子～数倍、活性化エネルギー～数十%減 (TRL6)	<ul style="list-style-type: none">低温作動型プロモーター開発と頻度因子向上の組み合わせ既存電子化物系材料と活性金属種の組み合わせによる材料の工業化検討酸水素化物材料と活性金属種の組み合わせ	(80%)
2 触媒工業化	妥当且つ安全な製造方法、コストでの大量生産方法の確立	未検討 (提案時TRL2 → 現状TRL2)	数百kg (ベンチ) 数トン (パイロット) 規模生産技術確立 (TRL6)	<ul style="list-style-type: none">触媒成形化への委託製造とコスト検証成形化した触媒への活性金属種担持の委託製造とコスト検証輸送・貯蔵時の条件の指定出荷前検査項目・方法の確立	(70%)
3 触媒寿命確認	商業化に耐えうる触媒寿命に相当することを加速劣化条件およびパイロット試験での確認	数日 (ラボ装置) (提案時TRL3 → 現状TRL3)	商業化に耐えうる連続運転 (TRL6)	<ul style="list-style-type: none">パイロット試験装置でのロングラン試験	(90%)

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 低温低圧条件に適したプロセスの構築 (Phase 1)	プロセス全体の設備費用を増やさずことなく、運転コストを15%以上低減可能な温度・圧力条件の選定 その条件に最適な触媒選定/反応器設計	触媒研究開発レベル (提案時TRL3→現状TRL3)	机上検討でのKPI達成 (TRL4-5)	<ul style="list-style-type: none">低温低圧に適したプロセス検討	(95%)
2 ベンチ試験 (Phase 2)	ベンチ装置で取得したデータに基づく商業機ベースでの運転コストで15%以上低減達成	ラボレベル (提案時TRL4→現状TRL4)	ベンチデータに基づくKPI達成 (TRL6)	<ul style="list-style-type: none">低温低圧触媒特性に合わせたプロセス構築	触媒開発の実現可能性にリンク
3 パイロット試験 (Phase 3)	運転コスト15%以上低減条件での商業化を見据えた連続安定運転達成	ラボレベル (提案時TRL4→現状TRL4)	パイロットデータに基づくKPI達成 (TRL7)	<ul style="list-style-type: none">低温低圧触媒特性に合わせた全体システムの最適化	触媒開発の実現可能性にリンク

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（前回からの）開発進捗	進捗度
1. 1 触媒性能向上	触媒活性の向上	<ul style="list-style-type: none">・反応試験装置、分析装置の整備・導入が進み、触媒開発が本格化。・新規触媒成分のスクリーニングを各チームで実施中。・担体合成・担持方法の最適化を実施中。・触媒メーカー候補先との工業化検討を開始。	△ 鋭意各チームで触媒開発を継続中。触媒活性向上および工業化検討の本格化が課題
2. 1 低温低压条件に適したプロセスの構築	A.ブルーアンモニアの低温低压条件に適したプロセスの構築 B.グリーンアンモニア商業機の試設計	A.反応温度圧力をパラメータとして、運転コストと製造コストの観点から低温低压の最適条件を検討。HBに対してコスト優位性があることを確認。 B.プロセスフロー・マテバラを構築し、運転コスト・製造コストを検討中。	◎ 計画前倒しで検討した結果、サプライチェーンコストへの反映も前倒しで実施できた

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
1. 1 触媒性能向上	ワンパス転化率30%以上の反応率到達	<ul style="list-style-type: none">触媒活性向上高圧条件での反応挙動の把握工業化の検討	<ul style="list-style-type: none">試験装置導入による、触媒スクリーニング試験の加速により、24年度までに目標をクリアする触媒を見出すため、各チームで鋭意検討中。
2. 1 低温低圧条件に適したプロセスの構築	プロセス全体の設備費用を増やすことなく、運転コストを15%以上低減可能な温度・圧力条件の選定	<ul style="list-style-type: none">触媒被毒、還元条件等を加味したプロセス検討のアップデート	<ul style="list-style-type: none">各触媒チームと連携して、プロセスを適宜アップデート中。

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

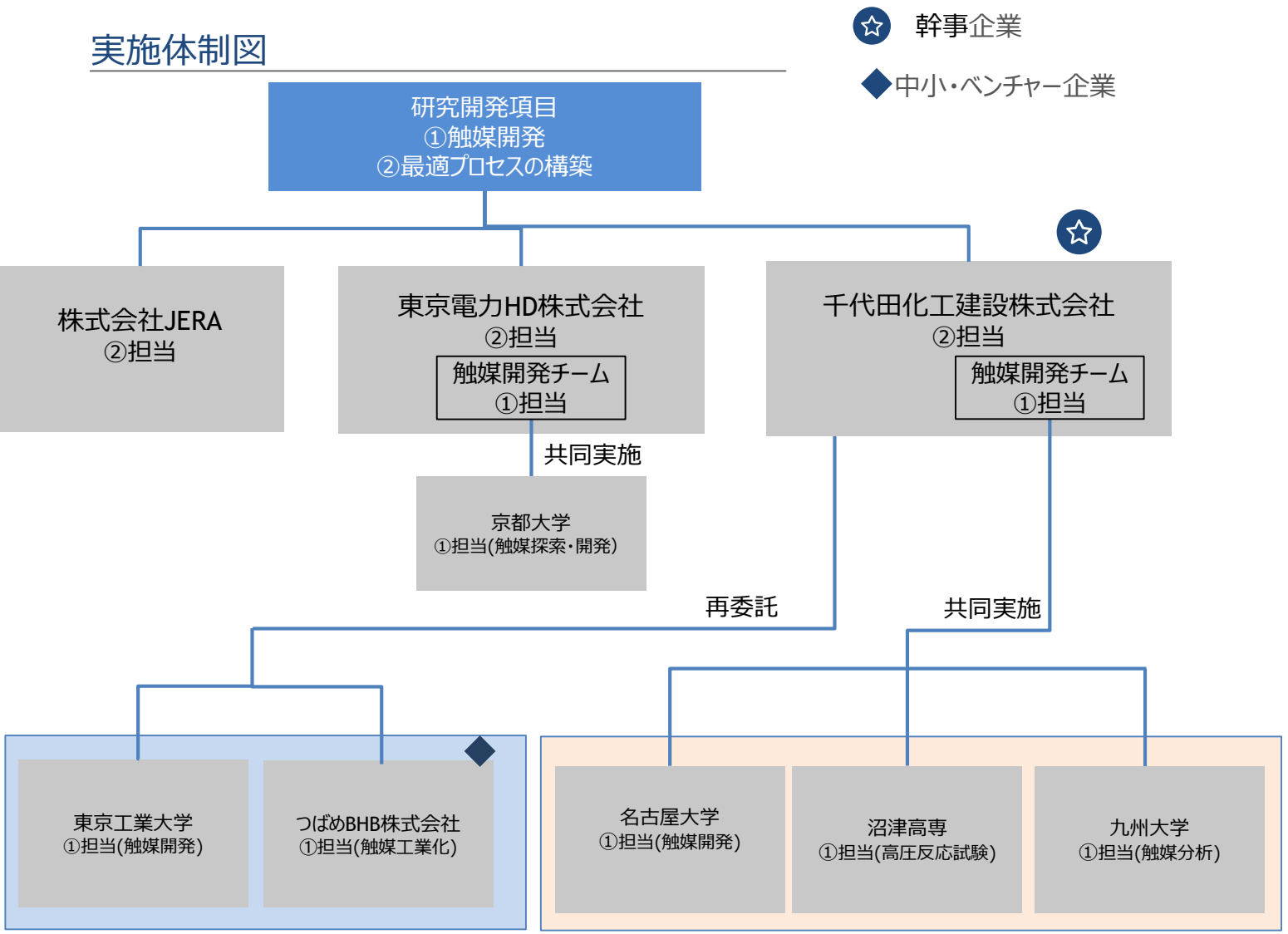
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

[illegible]

2. 研究開発計画／（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

【委託先】

1. JERA :
燃料用アンモニアとしての適用性評価、アンモニア製造プラントの運営評価
2. 東京電力HD :
触媒探索、ベンチ試験におけるアンモニア製造プラント評価。アンモニア製造プラントユーザ評価(小・中規模)。
【共同実施】
 - ・ 京都大学 :
酸水素化物系触媒の開発
3. 千代田化工建設（全体取りまとめ） :
触媒の評価/選定（東京電力HDと連携）、最適プロセスの構築、ベンチ/パイロット試験、商業化検討
【触媒開発チーム】
塩基性複合酸化物系の触媒工業化、触媒担体の提供
【再委託/共同実施】
 - ・ つばめBHB/東京工業大学（再委託） :
エレクトライド系触媒の開発、触媒工業化
 - ・ 名古屋大学/九州大学/沼津高専（共同実施） :
塩基性複合酸化物系触媒の開発

研究開発における連携方法

- ・ 定期的なオンライン連絡会を開催
- ・ 現地にて実験立ち合い、連携

中小・ベンチャー企業の参画

- ・ つばめBHB（低温低圧アンモニア合成の知見活用）

2. 研究開発計画／（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・リスク
1. 触媒開発	1 触媒性能向上	<ul style="list-style-type: none">過去のアンモニア合成触媒開発における知見・ノウハウ（触媒調製手法、キャラクターゼーション手法、高反応メカニズムなど）	<ul style="list-style-type: none">非ルテニウム系触媒としては現時点で世界最高性能触媒を保有長年のアンモニア合成触媒開発で培った触媒開発における知見、ノウハウを活用可能コンソーシアム外の競合他社による高性能触媒開発達成がリスク（現状は名大および東工大の触媒が大きくリード）
	2 触媒工業化	<ul style="list-style-type: none">過去の触媒工業化における知見工業アンモニア合成触媒に関する知見	<ul style="list-style-type: none">多くの触媒量産化実績があり、知見を活用可能工業アンモニア合成触媒に関する知見を活用可能
	3 触媒寿命確認	<ul style="list-style-type: none">過去の工業触媒開発におけるベンチ試験装置運転の知見、ノウハウ	<ul style="list-style-type: none">豊富な高圧ベンチ試験装置運転の経験を保有

2. 研究開発計画／（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・リスク
2. 最適プロセスの構築	1 低温低圧条件に適したプロセスの構築	<ul style="list-style-type: none">触媒技術を核としたプロセス開発に関する知見(CYD)反応器開発経験(CYD)合成ガス設計に関する知見(CYD)発電用燃料ユーザである電力事業の知見(東京電力HD、JERA)	<ul style="list-style-type: none">触媒技術を核としたプロセス開発能力を保有しており優位数々の反応器設計に関する知見を有しており優位数々の合成ガス関連の設計に携わり優位社会実装に向けたユーザ視点評価が行われ実現性で優位
	2 ベンチ試験	<ul style="list-style-type: none">触媒技術を核としたプロセス開発に関する知見(CYD)実証装置の設計/運転経験(CYD)原料水素の製造実証を実施中(東京電力HD)	<ul style="list-style-type: none">触媒技術を核としたプロセス開発能力を保有しており優位数々の実証経験があり優位
	3 パイロット試験	<ul style="list-style-type: none">商業機設計に関する知見(CYD)スケールアップエンジニアリング(CYD)既存バリューチェーン構築の知見(JERA)	<ul style="list-style-type: none">商業機スケールアップ知見を有しており優位将来的なアンモニア需要想定を基にした事業性の評価最経済となるバリューチェーンの構築が可能

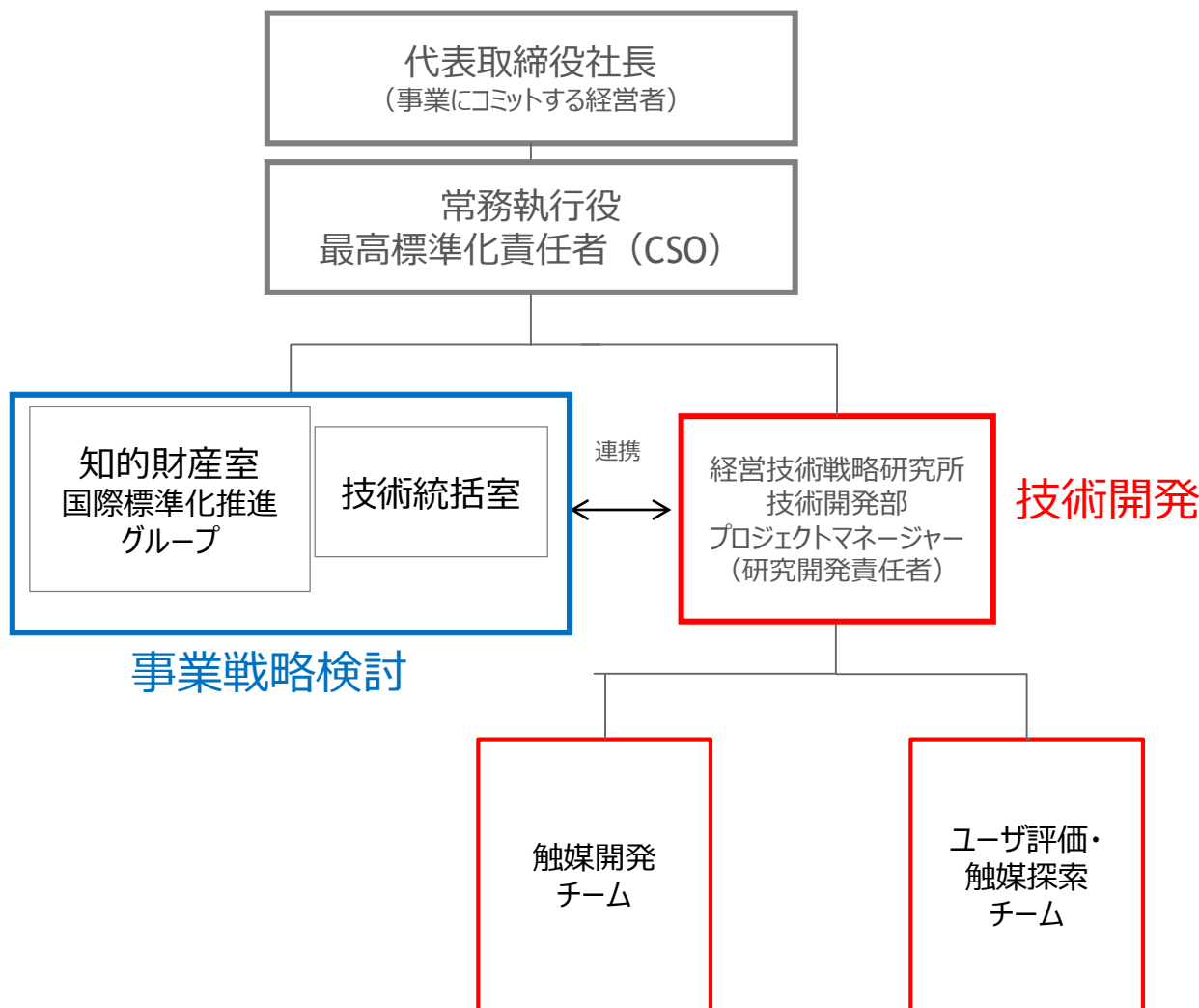
3. イノベーション推進体制

(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
 - プロジェクトマネージャー：研究総括を担当
- 担当チーム
 - 技術開発部：以下を担当
 - 触媒開発、ユーザ評価・触媒探索
 - 技術統括室：全社大の技術開発戦略の策定を担当
 - 知的財産室：標準化を担当

部門間の連携方法

- 技術統括室と経営技術戦略研究所は全体進捗共有および課題ごとにミーティングを通じて連携を取る。

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

経営者等によるアンモニア製造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

東京電力HDは、地球温暖化対策を重要な経営課題として取り組んできたが、世界的な潮流を捉え、カーボンニュートラルを軸としたビジネスモデルへの大胆な変革に更に乗り出す計画。

◆2030年度目標：販売電力由来のCO₂排出量を2013年度比で2030年度に50%削減

◆2050年度目標：2050年におけるエネルギー供給由来のCO₂排出実質ゼロ

こうしたチャレンジングな目標を掲げ、ゼロエミッション電源の開発とエネルギー需要の更なる電化促進の両輪でグループの総力をあげた取組を展開し、社会とともにカーボンニュートラルの実現をリードしていく。

また、アンモニアや水素といったグリーン燃料のサプライチェーン構築を主導し、電力用にとどまらず他産業へのグリーン燃料販売も視野に入れる。

総合特別事業計画への明記

社内の経営方針を示す最重要な計画である「第四次総合特別事業計画」が2021年7月に打ち出された。この中で、燃料・火力部門においてはアンモニア混焼実証を進め、2040年代にはアンモニア専焼プラントリプレイスにチャレンジする予定。

事業の継続性確保の取組

当社では技術開発計画を策定（社長承認）しており、中長期的に技術開発を遂行する体制としている。

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アンモニア製造事業を位置づけ、広く情報発信

取締役会等での議論

【第四次総合特別事業計画（四次総特）】

国から認定された東京電力HD独自の事業計画である四次総特において、基本方針の1つとして「カーボンニュートラルへの挑戦」を掲げている。

【カーボンニュートラル チャレンジ・タスクフォース】

カーボンニュートラル チャレンジ・タスクフォースを設置し、四次総特で弊社が前面に押し出す「カーボンニュートラルへの挑戦」について審議・推進。

ステークホルダーに対する公表・説明

- ・ 四次総特はホームページで情報公開を行っている。
- ・ 本事業の採択については、IR資料(四半期決算説明資料)・ホームページでの情報開示を行い、今後も進捗についてはステークホルダーに対する公表・説明を行う。
- ・ 2022年4月には「長期的な安定供給とカーボンニュートラルの両立に向けた事業構造変革について」プレスリリースし、燃料アンモニアの活用・技術開発について公表・説明を実施。
- ・ TEPCO統合報告書2023（2023.9.26公表）に、事業構造変革を通じたカーボンニュートラル関連事業の推進の事例として、JERAによるゼロエミッション火力発電（アンモニア・水素の混焼）の実証を明記。

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

経営資源の投入方法

◆人材・設備・資金の投入方針

- 本事業実施にあたっての投入予定人材については、本書3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制「組織内体制図」及び「組織内の役割分担」を参照願う。
- 総事業費節減の観点から、既存の設備・土地の活用を念頭におき、(a)触媒開発 フェーズにおいては、東電HD・京大が保有する研究所やラボ装置等を活用する。

◆エンジニアリング体制の強化

- グループ会社であるJERAを介して高効率な石炭火力発電所におけるアンモニア混焼実証を進める。

◆エネルギーサービスの実施

・需要に対する取組として地産地消型システムを推進するため、これまでの電気(kWh)の販売事業から設備サービス事業にビジネスモデルの軸を大胆にシフトすることも検討。グリーン燃料(アンモニア・水素)は電力用に留まらず他産業への販売も視野に入れる。

専門部署の設置

◆専門部署の設置

東京電力ホールディングス(株)経営技術戦略研究所内に、アンモニア製造の触媒開発・ユーザー評価・触媒探索を担う部署を設置。

◆若手人材の育成

- ・上記の新組織内に配属されている若手人材に対しては、関係箇所との調整、現場状況視察、実業務サポートなどを通じて育成を図る。

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、研究開発及び社会実装等で継続困難な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	社会実装（経済社会）におけるリスクと対応	その他（自然災害等）のリスクと対応
<ul style="list-style-type: none">触媒性能が目標に対し未達となるリスク → 従来とは異なる触媒開発手法の採用により材料探索、触媒開発を加速し、触媒開発を3チーム体制で行うことでリスクを低減する。開発技術が既存ライセンス保有特許を侵害するリスク → アンモニア合成技術、プロセスに関して特許侵害防止調査を実施し、IP侵害リスクを最小化する。技術開発設備設計の設計不具合 → 社内の設計照査を複数人で実施 → 施工部門や運転部門を担う社による承諾	<ul style="list-style-type: none">アンモニア混焼技術の開発が遅れる等の事由により製品アンモニアの導入が遅れるリスク → アンモニア混焼可能な石炭火力発電所あるいは燃料として適用可能な船舶の選定調査を早期に実施し、候補地を選定しておく。石炭火力発電でのアンモニア混焼が認められない状況等、社会情勢の変化によるリスク → 石炭火力発電混焼と船舶の2つの用途に加え、よりクリーンなアンモニア専焼も並行して検討を行うことで適用先を確保する。 → 固定価格買取制度等の制度措置を国に訴求。安全性確保 → 危険性の高いアンモニアに対して細心の注意を払う	<ul style="list-style-type: none">自然災害等によりベンチ・パイロットプラントにおいてアンモニアが漏洩するリスク → アンモニアのハンドリングに関する既存技術を適用して安全性を確保する。暴風雨被害 → 土砂崩れ危険地域、ハザードマップの確認



- 事業中止の判断基準：
 - 社会情勢の変化、自然災害等の影響含め、目標性能達成が困難と言うことが確定し、かつ、他用途展開の可能性がない場合
 - 各ステージゲートで触媒性能・アンモニア製造コストが目標に達しない事が事実となった場合
 - アンモニア製造の基盤技術において、安全の維持に不可欠であるが解決できない課題が生じた場合
 - 急激なインフレ等により、資金の調達ができなくなった場合
 - 海外でアンモニア製造コストをより下げる技術が生じた場合
 - 社会実装後、アンモニア価格の高騰、制度措置の未整備等により、収益性が確保できない場合