

2022年12月時点

# 事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：洋上風力発電の低コスト化プロジェクト  
研究開発項目フェーズ1－③洋上風力関連電気システム技術開発事業  
浮体式洋上風力発電共通要素技術開発（ダイナミックケーブル・洋上変電所・洋上変換所）

実施者名：四国電力株式会社

代表名：代表取締役社長 長井 啓介

共同実施者：（幹事会社）東京電力リニューアブルパワー株式会社  
東北電力株式会社  
北陸電力株式会社  
電源開発株式会社  
中部電力株式会社  
関西電力株式会社  
九電みらいエナジー株式会社  
住友電気工業株式会社  
古河電気工業株式会社  
東芝エネルギーシステムズ株式会社  
三菱電機株式会社

# 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

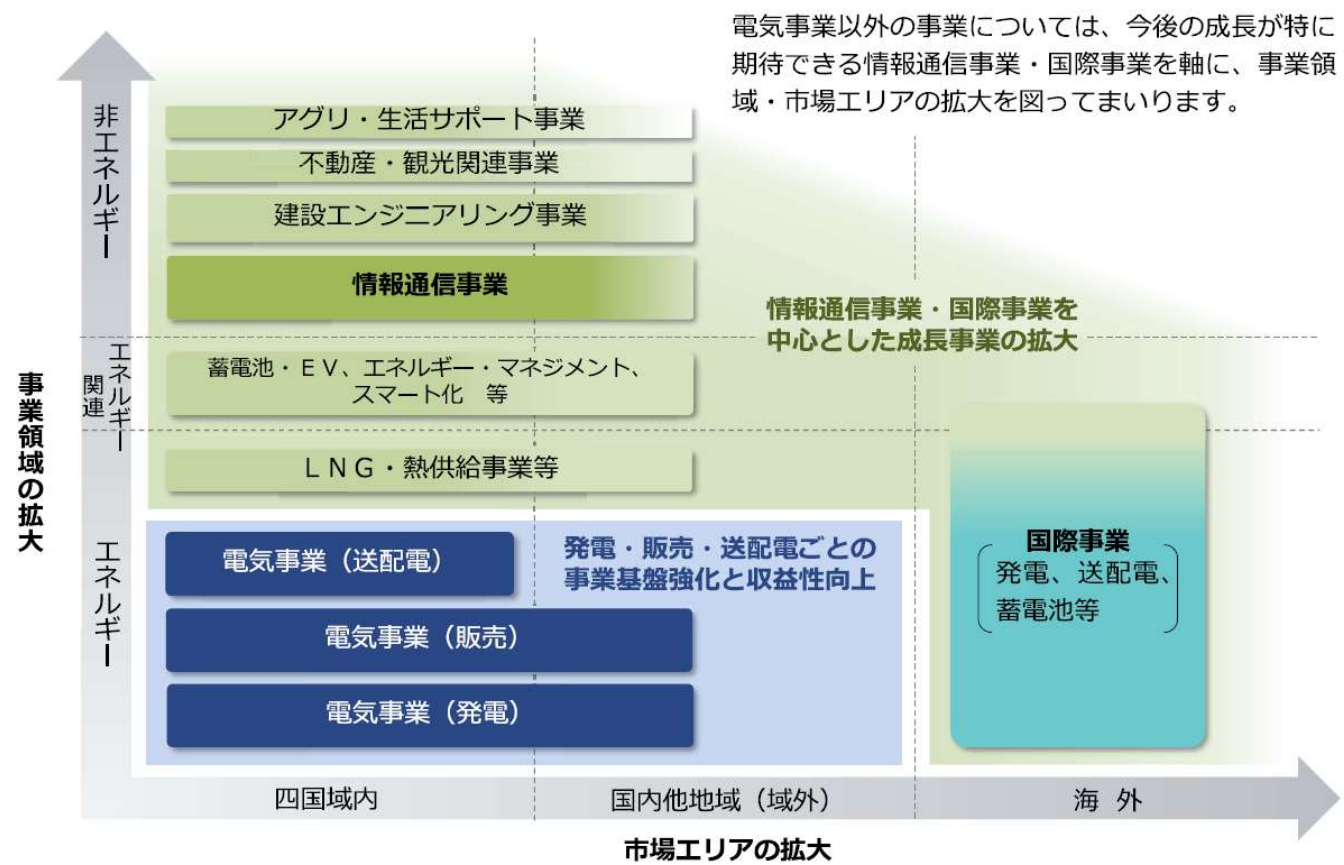
- 燃料価格の上昇や不透明な燃料情勢等による電力供給コストの上昇、需給調整市場の拡充、容量市場の見直し、電源投資確保策の検討などにより、電力供給事業を巡る事業環境は非常に厳しくなっています。
- また、コロナ禍で経済活動が再開する一方、働き方の変化は継続し、ビジネスモデル変革や新サービス創出に結びつくDXが進展するなど、経済・社会の構造や価値観、暮らし方などが大きく変わってきています。
- このような社会変化の中、「電気事業における事業基盤強化と収益性向上」や「電気事業以外における成長事業の拡大、新たな事業・サービスの創出に向けた検討の加速」、「持続的な企業価値創出の基盤強化」を重点課題と位置付け、四国電力グループ一体となって取組みを推進します。



# 1. 事業戦略・事業計画／（２）市場のセグメント・ターゲット

- 四電グループでは、保有する経営資源をさらに強化し、最大限活用していくとともに、地域・他事業者とも積極的に連携しながら、中核事業である電気事業における発電・販売・送配電ごとの事業基盤強化と収益性向上をはかり、あわせて電気事業以外の領域において、今後の成長が期待できる情報通信事業と国際事業を軸として、事業領域と市場エリアの拡大をはかります。

## 持続的な企業価値の創出に向けた事業領域と市場エリアの拡大



電気事業以外の事業については、今後の成長が特に期待できる情報通信事業・国際事業を軸に、事業領域・市場エリアの拡大を図ってまいります。

情報通信事業・国際事業を中心とした成長事業の拡大

発電・販売・送配電ごとの事業基盤強化と収益性向上

国際事業  
（発電、送配電、蓄電池等）

# 1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

・ 四国電力グループの事業活動を支えていただいている全ての皆さまとの信頼関係をより強固なものとし、広く社会に対する責任を果たすことで、持続的な企業価値の創出を目指します。



## 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）

### 標準化を活用し、発電事業者・技術開発メーカー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

- 本事業は、JIP方式を用いた技術開発であり、ユーザーである発電事業者が主体となって、ユーザーとしてのニーズを反映した標準仕様を基に、技術開発を行うため、本研究の取り組み自身が標準化の取り組みである。
- 本技術開発を通じ、ダイナミックケーブル・浮体式洋上変電所／変換所等の浮体式洋上風力発電システムにおける共通部分について標準仕様を検討し、浮体式洋上風力発電のコスト低減を図るものである。

#### 国内外の動向・自社の取組状況

##### （国内外の標準化や規制の動向）

- 英・Carbon Trustが大規模浮体式洋上風力に対応する高電圧エクスポート用ダイナミックケーブルの開発コンペをFloating Wind JIPの中で実施。同JIPには、複数の発電事業者が参加しており、商用規模での利用を見据えた技術仕様の検討・技術開発を行っている。
- 将来の商用規模の浮体式洋上風力を見据えた浮体式洋上サブステーションに必要な規格の改定を目的としたJIP方式の技術開発をDNVと産業界25社が2022年より実施している。

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）

- JIP方式を通じた浮体式洋上風力発電の技術開発（本研究）

#### （知財戦略）

- 本研究により発生する知財に関しては、知財運営委員会に諮ったうえで、特許出願する。

※標準化以外の市場の創造・拡大については、次ページに記載。

# 1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（市場を創造・拡大する手段・方法）

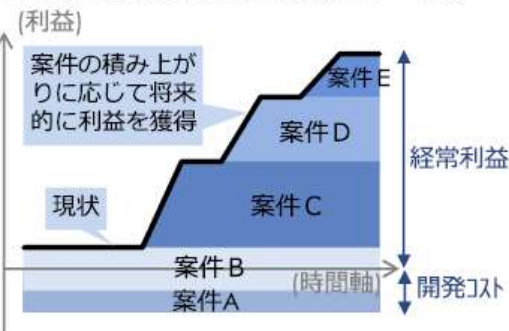
- 国際事業については、中東地域で、火力発電を中心に取り組んでまいりましたが、アジア・欧米地域に事業エリアを広げるとともに、今後、市場拡大が見込まれる再生可能エネルギー案件の獲得にも注力することにより、海外諸国における電力の安定供給に貢献していきます。また、将来にわたって国際事業を継続的に展開していくため、IPP事業だけでなく、送配電事業、蓄電事業等のエネルギー関連サービス、更には社会インフラビジネス分野への参画についても検討してまいります。
- 情報通信事業については、STNetを中心に、光通信事業、データセンター事業、低価格モバイルサービス事業等の既存事業の強化・拡大に加え、グループ大でのサービスのバンドル化や、放送と通信を融合したCATV事業、IoT・AI等を活用した新規事業開拓等を推進いたします。

## （国際事業における重点取り組み事項）

- ✓ 中東地域の火力発電から、他地域・再生エネへ対象拡大
- ✓ エネルギー関連サービス・社会インフラビジネス分野への参画検討

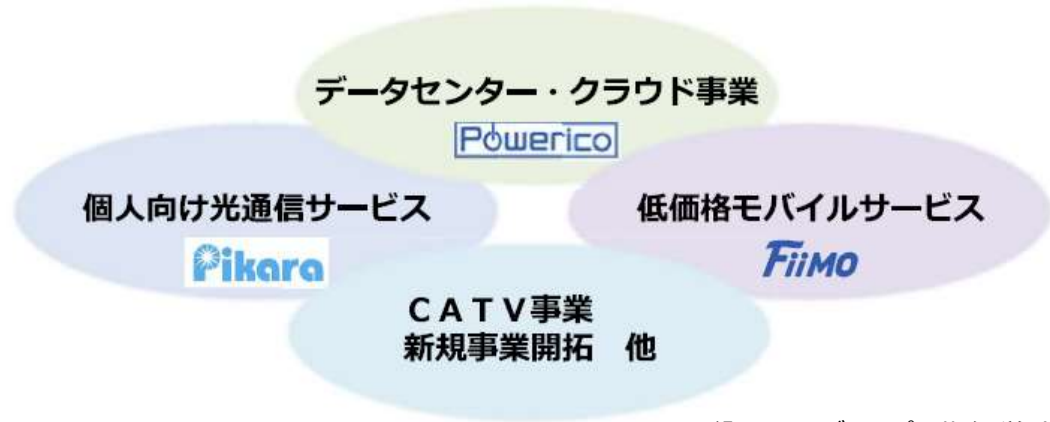


## （国際事業における利益獲得イメージ）



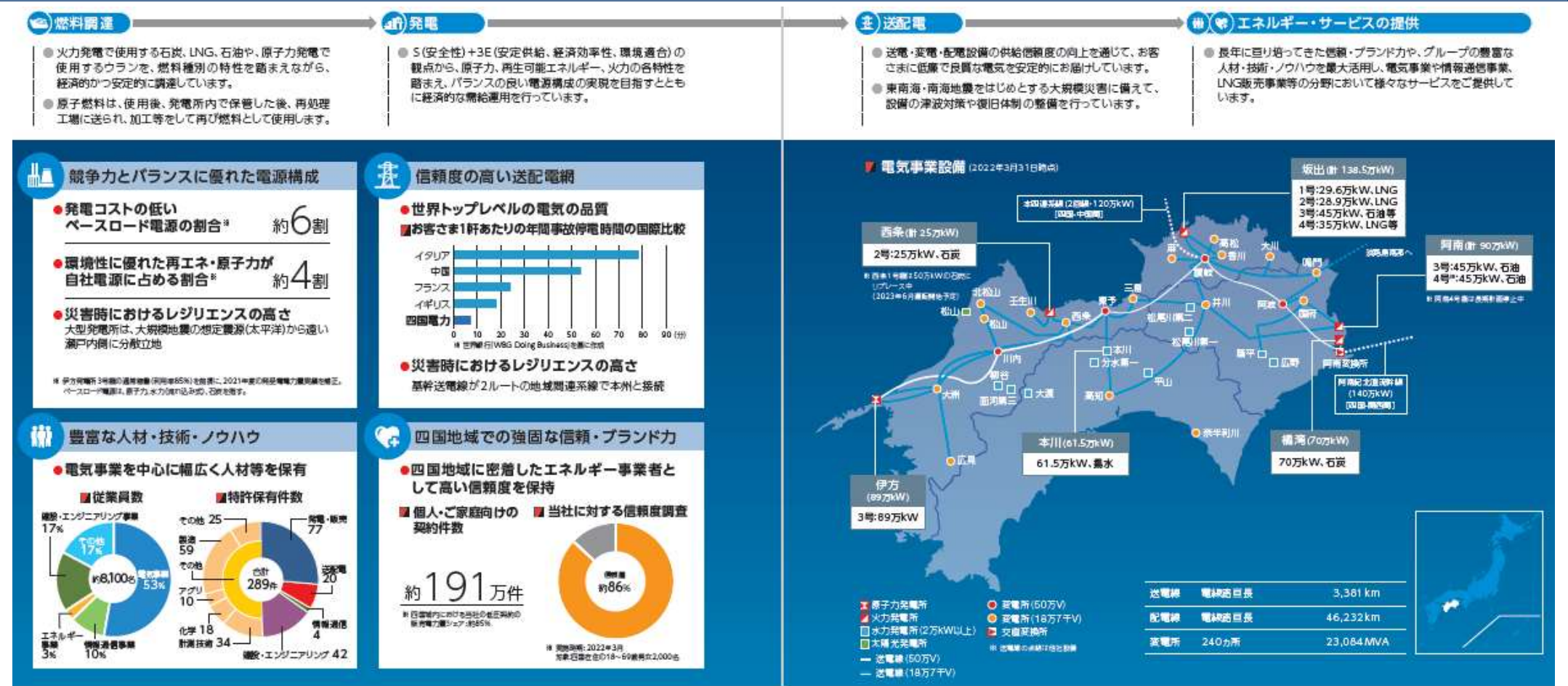
## （情報通信事業における重点取り組み事項）

- ✓ 個人向け光通信サービス（ピカラ）や低価格モバイルサービス（フィーモ）の電気とのセット販売
- ✓ データセンター（パワリコ）の更なる販売拡大
- ✓ 放送と通信を融合したCATV事業の推進
- ✓ IoT・AI等を活用した新規事業の開拓



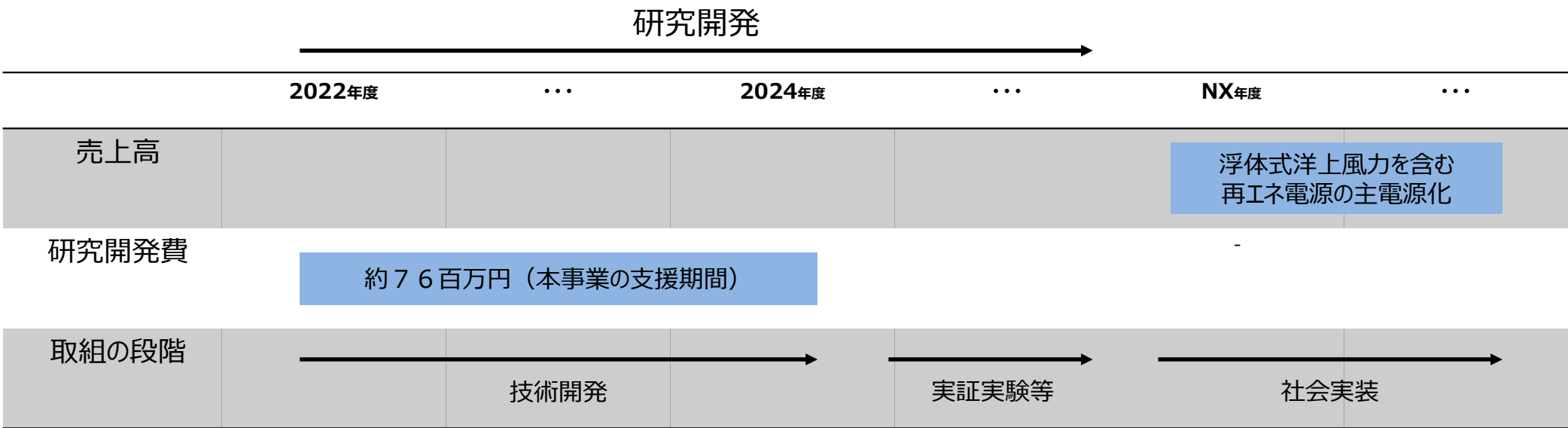
# 1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

- 競争力とバランスに優れた電源構成、信頼度の高いネットワークや豊富な人材・技術・ノウハウをベースに、燃料調達から発電、送配電、エネルギーサービスまで、グループの有する強みを最大限に生かすことで、お客さまやビジネスパートナーに様々な価値を提供します。



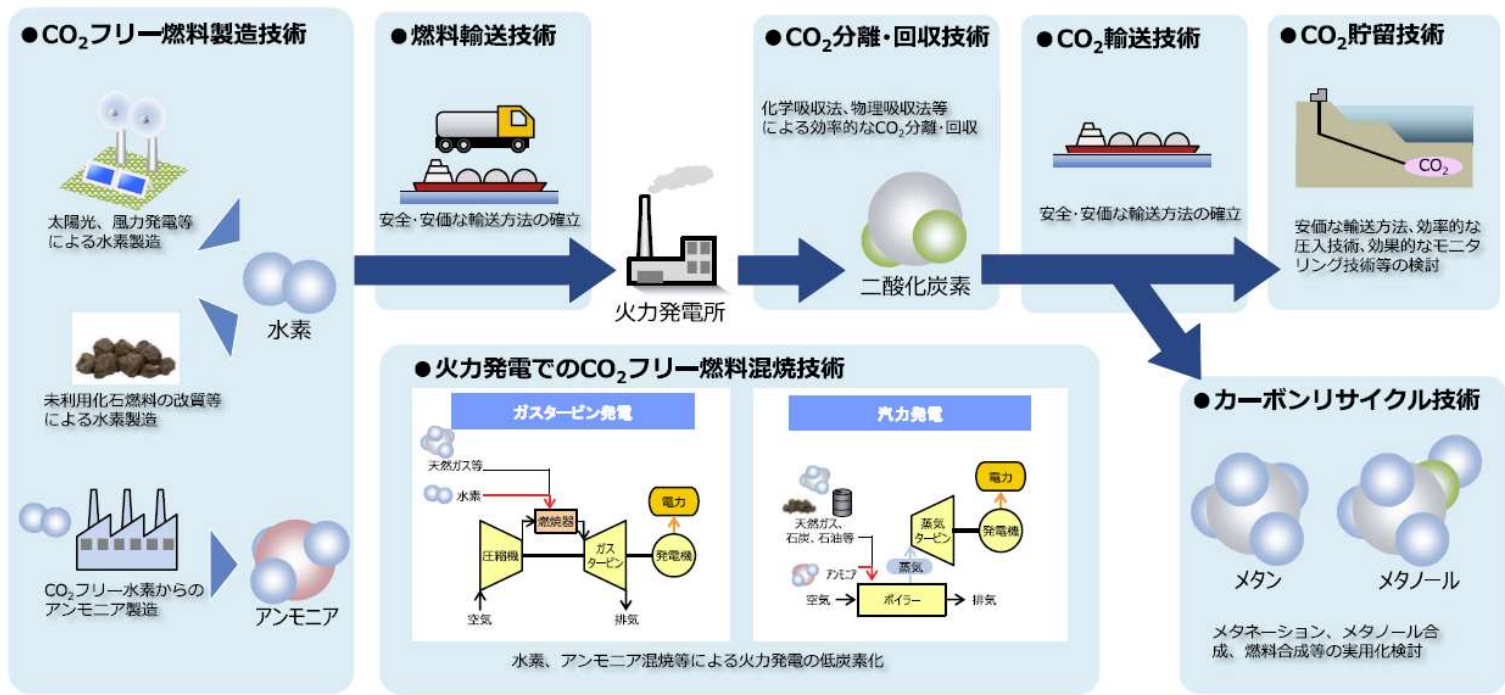
# 1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

- 再エネ電源の主力電源化を目指す。（新規開発50万kW）



# 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

- 研究開発の取り組みにあたっては、電源の低炭素化・脱炭素化の実現に向け、原子力や再エネ電源の最大活用はもとより、火力電源の高効率化、新技術の研究開発・導入を積極的に進めていきます。
- 具体的には、非効率石炭火力のフェードアウトへの対応に加え、水素やアンモニアなど、燃焼時にCO<sub>2</sub>を排出しない燃料の利用に向けて混焼に係る技術的な課題検討に取り組むとともに、燃料の製造・輸送なども含めた知見の収集などを実施してまいります。また、CO<sub>2</sub>分離・回収技術の進展状況を注視しながら、安全なCO<sub>2</sub>輸送・貯留技術の検討にも取り組んでまいります。
- 洋上風力発電に関しては、台湾雲林県での事業参画や青森県沖での事業参画に向けたコンソーシアム設立等を通じて、事業化に向けた検討を進めていきます。

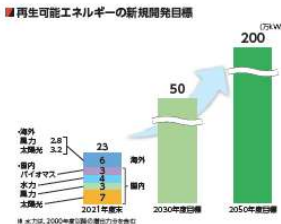


## 再生可能エネルギーの新規開発、電力系統への接続拡大

### ■新規電源の開発推進

当社グループは、国内・外で2030年度までに50万kW、2050年度までに200万kWの再生可能エネルギーの新規開発を目指しており、2030年度までの電源別の開発ロードマップに沿って、四国内・外の様々な案件の開発にグループ一丸となって取り組んでいます。

再生可能エネルギーの新規開発容量は、2021年度末で約23万kW（前年度比+約6万kW）となり、当社グループが保有する再生可能エネルギー容量は、累計で約135万kWまで増加しています。



### ■再生可能エネルギーの新規開発ロードマップ

再生可能エネルギーの新規開発は、2030年までの電源別開発ロードマップに基づいて進めています。例えば、水力については、既設発電所の計画的な出力向上等や新規開発地点の発掘等に取り組んでおり、太陽光では、ため池・荒廃農地等を活用した新規開発や既設案件の取得を進めています。

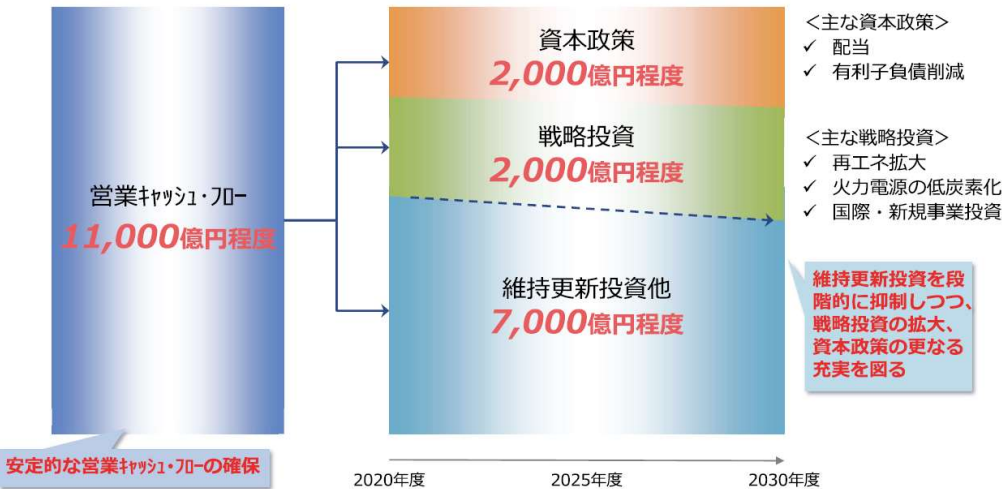
風力については、陸上風力における事業参画や新規開発地点の発掘、既設案件のリプレースのほか、洋上風力への参画準備を進めており、2022年5月には、青森県沖の日本海（南側）における公募入札に向けて、グリーン・エナジー・ホールディングス、リミテッド、東邦ガス（株）とコンソーシアムを設立しています。また、バイオマスについても、四国内・外で様々な案件の発掘・参画を進めています。

電源種別	2022年	2025年	～2030年
水 力	既設水力発電所の出力向上と最大活用	既設水力発電所の出力向上と最大活用	既設水力発電所の出力向上と最大活用
	新規開発地点の発掘・計画・工事	新規開発地点の発掘・計画・工事	新規開発地点の発掘・計画・工事
太陽光	新規開発地点の発掘・計画・工事	新規開発地点の発掘・計画・工事	新規開発地点の発掘・計画・工事
	新規開発地点の発掘・計画・工事	新規開発地点の発掘・計画・工事	新規開発地点の発掘・計画・工事
風 力	陸上風力事業への参画・新規開発地点の発掘	陸上風力事業への参画・新規開発地点の発掘	陸上風力事業への参画・新規開発地点の発掘
	既設陸上風力発電所のリプレース	既設陸上風力発電所のリプレース	既設陸上風力発電所のリプレース
バイオマス	新規開発地点の発掘・計画・工事	新規開発地点の発掘・計画・工事	新規開発地点の発掘・計画・工事
	新規開発地点の発掘・計画・工事	新規開発地点の発掘・計画・工事	新規開発地点の発掘・計画・工事

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

- よんでんグループ中期経営計画2025において、「再エネ拡大」、「火力の低炭素化」、「国際・新規事業投資」を主な目的として、2021～2030年度の10ヶ年累計で、2,000億円程度を投資する計画としています。
- なお、本事業においては、国の支援に加えて、1,000万円/年規模の自己負担を予定しています。
- GI基金事業により、フェーズ1を3カ年計画として浮体式洋上風力要素技術を研究し、その後のフェーズ2については、状況に応じて適切な予算を計上します。

【2021～30年度の10ヶ年累計】



	N1 年度	N2 年度	N3 年度	N3年度まで合計
事業全体の資金需要	25百万円	25百万円	26百万円	76百万円
うち研究開発投資	25百万円	25百万円	26百万円	76百万円
国費負担※ (委託又は補助)	17百万円	17百万円	17百万円	51百万円
自己負担 (A + B)	8百万円	8百万円	9百万円	25百万円
A : 自己資金	8百万円	8百万円	9百万円	25百万円
B : 外部調達	0円	0円	0円	0円

※助成金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（フェーズ1-③-①-a、②-a：電力会社）

電力会社計画

低コスト浮体システム開発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

### 研究開発項目

フェーズ1-③-①-a・②-a：高電圧ダイナミックケーブル・浮体式洋上変電所  
浮体式洋上風力発電システムの技術仕様の検討と要素技術の評価

### アウトプット目標

2030年度までの実証試験を経て社会実装を目標として、低コスト浮体式洋上風力発電システムを実現するために、共通要素技術開発（高電圧ダイナミックケーブル、浮体式洋上変電所/変換所）の成果をインテグレート・評価し、フェーズ2（実証試験）の開発内容を明らかにする。

### 研究開発内容

- 1 浮体式洋上風力発電システムの技術仕様の検討
- 2 システムインテグレーション・評価
- 3 フェーズ2（実証試験）実施内容の検討

### KPI

風車・変電所・変換所用の浮体を3種類検討し、共通要素技術開発のための技術仕様を検討。共通要素技術開発からのフィードバックを踏まえ、実証試験用浮体を選定するための検討を行う。検討のために年10回協議会WG※1を開催。

浮体式洋上風力発電システムとしての総合評価・コスト評価を実施。国際競争力のあるコスト水準を実現するためのシステムを検討。検討のために年10回協議会WG※1を開催。

フェーズ2（実証試験）の実施内容を検討し実施計画を策定、2030年以降の社会実装計画を検討。年10回協議会WG※1を開催。

### KPI設定の考え方

共通要素技術開発を行うために、協調領域として浮体設計を協議会が実施し、共通条件を各メーカーに提供。フェーズ2で共通要素の実証試験を実施するために使用する浮体システムを決定する。電力会社がシステムインテグレーションを行い、WGで開発者の意見聴取、PDCFサイクルを3回実施。

10回のWGで、ベースラインwindファーム（Round1浮体プロジェクトを想定）から、要素技術開発により低コスト技術を導入した場合の2030年以降のwindファームに対する商用windファームのコスト分析を実施し、評価できる。


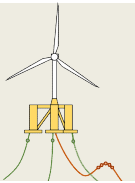
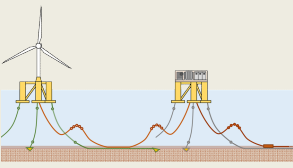
10回のWGで、検討した浮体形式、開発した要素技術から、実証試験における課題を明らかにし、実証試験における開発内容を明らかにできる。

※1 協議会WGの中で①～③を別々に実施します。

## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（フェーズ1-③-①-a、②-a：電力会社）（全体像）

電力会社計画

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	浮体式洋上風力発電システムの技術仕様の検討	風車・変電所・変換所用の浮体をそれぞれ検討：WG10回	NREL15MW風車用浮体など※1,2 TRL 提案時 3～4 現状 3～4 実績※3,4,5等をベースとした実証浮体設計 (TRL4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>浮体復原性評価</li> <li>浮体水槽試験</li> <li>浮体システム連成解析</li> <li>係留システム/ダイナミックケーブル/変電所・変換所/評価</li> </ul> 	可能性高※6 (90%)
2	システムインテグレーション・評価	浮体式洋上風力発電システムとしての総合評価・コスト評価：WG10回	インテグレーションの情報※7が限られる 提案時 TRL3 現状 TRL3 計算・部分模型実験、実績等でTRL4にする (TRL4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>システム総合評価・コスト評価</li> <li>技術評価ワークショップの開催</li> </ul> 	可能性高※6 (80%)
3	フェーズ2（実証試験）実施内容の検討	フェーズ2（実証試験）の実施内容の明確化：WG10回	15MW風車のプロジェクトは計画 TRL 提案時 3～4 現状 3～4 成果を活用してTRL9に向けた実施内容を明確化 (TRL4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証試験のための検討</li> <li>技術評価ワークショップの開催</li> </ul> 	可能性高※6 (70%)

### 【参考資料】

- ※1 IEA Wind TCP Task37, Definition of the Umarine VoltturnUS0S Reference Platform Developed for the IEA Wind 15-Megawat Offshore Reference Wind Turbine, NREL/TP-5000-76773, 2020.
- ※2 Atkins / Linxon / Hitachi ABB Floating Wind Substation Partnership, 2020.
- ※3 小松正夫, 森英男, 宮崎智, 太田真, 田中大士：7 MW洋上風車浮体の技術.V字型セミサブ浮体の開発, 日本船舶海洋工学会誌 (81) p38-43, 2018.
- ※4 H.Yoshimoto, T.Natsume, J.Sugino, H.Kakuya, R.Harries, A.Alexandre, D.McCowan: Validating Numerical Predictions of Floating Offshore Wind Turbine Structural Frequencies in Bladed using Measured Data from Fukushima Hamakaze, DeepWind2019.
- ※5 今北明彦, 長拓治, 神永肇, 福島沖2MW浮体式洋上風力発電施設実証事業の成果,三井造船技報, 平成29年7月, 第219号, p.6-11, 2017.
- ※6 本コンソーシアムでは、福島FORWARDプロジェクトに参加した企業にFS調査を外注する計画であり、当該企業の実績は十分にある。また、欧州で実施されているFloating Wind JIPIに参加中のメンバーも本コンソーシアムには含まれており、国内外における浮体式洋上風力の技術開発に関して最新の知見を有している。（Floating Wind JIP, URL <https://www.carbontrust.com/our-projects/floating-wind-joint-industry-project>）
- ※7 福島FORWARD、NEDO北九州の国プロなど

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（フェーズ1-③-①-a、②-a：電力会社）  
（これまでの取り組み）

電力会社計画

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

	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 浮体式洋上風力発電システムの技術仕様の検討	マイルストーン： 浮体技術仕様検討① ① ウィンドファーム施工の検討 ② 気象海象条件の詳細設定 ③ 変電所/変換所 電気機器 ④ 風車用・変電所/変換所用 浮体基礎コンセプト	① 欧州事例等の調査を引き続き実施中 ② 極値風速・極値有義波高・極値平均波周期・極値流速などの環境条件を検討中 ③ 浮体式洋上ウィンドファーム容量の規模について設定 ④ 浮体形式を設定	○ （理由） 風車用浮体許容変位・加速度の設定など、引き続き検討が必要であるが、概ね計画通りに進んでいるため。
2 システムインテグレーション・評価	マイルストーン： 浮体技術仕様検討① ① 変電所/変換所用浮体の詳細検討 ② ファームO&Mの検討 ③ ファームコスト評価	① 浮体式洋上変電所/変換所の容量を設定し、機器構成、配置等を検討中 ② 欧州事例等の調査を引き続き実施中 ③ 変電所/変換所を含まないウィンドファームのコスト評価を検討中	○ （理由） 浮体に搭載する変電所/変換所などのトップサイドのサイズ・重量、電気機器の配置や許容変位・加速度など、引き続き検討が必要であるが、概ね計画通りに進んでいるため。
3 フェーズ2（実証試験）実施内容の検討	マイルストーン： 浮体技術仕様検討① 変電所/変換所を有する実証ウィンドファームの検討	浮体式洋上電気システム（ダイナミックケーブル、変電所/変換所）の実証計画を事業者内で引き続き検討中。	○ （理由） 浮体式洋上風力発電で用いる、ダイナミックケーブル、浮体式洋上変電所/変換所を想定して、検討すべきウィンドファームの基本仕様が概ね順調にコンソ内合意が取れているため。

## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（フェーズ1-③-①-a、②-a：電力会社） （今後の取組）

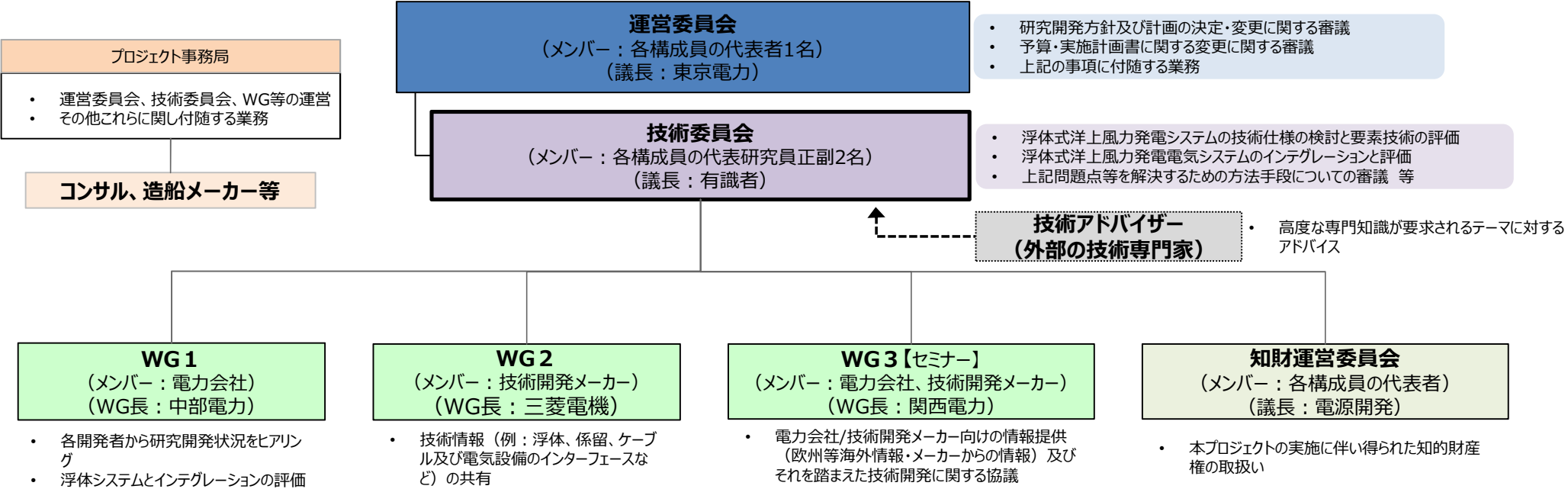
電力会社計画

### 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

	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 浮体式洋上風力発電システムの技術仕様の検討	<p>マイルストーン： 浮体技術仕様検討①</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① ウインドファーム施工の検討</li> <li>② 気象海象条件の詳細設定</li> <li>③ 変電所/変換所 電気機器</li> <li>④ 風車用・変電所/変換所用 浮体基礎コンセプト</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 施工手法・作業船スペックなどの検討</li> <li>② 施工、O&amp;M、疲労評価用の1年再現の環境条件</li> <li>③ トップサイド諸元、浮体許容変位・加速度の設定</li> <li>④ WF最適化レイアウトの検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 国内外の事例調査、ヒアリング等により設置工程案を作成する</li> <li>② コンソーシアム内の協議で施工・運転条件時の環境条件を決定する</li> <li>③ 技術開発メーカー側と浮体メーカー側の協議の中で決定する</li> <li>④ 浮体式洋上風力のレイアウト最適化については、係留システム、ダイナミックケーブルなどの特有事情を考慮し、着床式で実績のあるWF最適化検討手法を活用し、レイアウト案を作成する</li> </ul>
2 システムインテグレーション・評価	<p>マイルストーン： 浮体技術仕様検討①</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 変電所/変換所用浮体の詳細検討</li> <li>② ファームO&amp;Mの検討</li> <li>③ ファームコスト評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 生物付着影響の検討</li> <li>② メンテナンス計画、作業性スペックなどの検討</li> <li>③ 変電所/変換所を含むウインドファームのコスト評価を実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 国内外の実証事例などを参考に想定生物付着量をコンソーシアム内の協議で決定する</li> <li>② コンソーシアム内の協議で、メンテナンス要件（交換頻度、交換物、作業船等の必要スペック、年間の作業可能日数など）を考慮してメンテナンス計画を策定する</li> <li>③ エンジニアリングコストモデルに対し、コンソーシアム内の協議で決定した、海域情報（気象海象条件、海底地質、離岸距離、送電距離など）のパラメータを反映してコスト評価を実施する</li> </ul>
3 フェーズ2（実証試験）実施内容の検討	<p>マイルストーン： 浮体技術仕様検討① 変電所/変換所を有する実証ウインドファームの検討</p>	<p>浮体式洋上電気システム（ダイナミックケーブル、変電所/変換所）の実証仕様の検討</p>	<p>電気システム（ダイナミックケーブル、変電所/変換所）の実証に向けて、解決すべき技術課題の解決に当たっては、電力会社、技術開発メーカー、浮体メーカーが協議の上、本事業（フェーズ1）で解決する。</p>

「浮体式洋上風力発電システムの技術仕様の検討と要素技術の評価」に関する取り組み

- コンソーシアムにおける技術開発を推進するために必要な協議会を構築する。  
協議会は、  
（a）運営委員会、（b）技術委員会、（c）ワーキング・グループ（WG1、WG2、WG3）、（d）知財運営委員会  
からなる会議体で構成され、それらを運営するためのプロジェクト事務局を設置する。（下図）



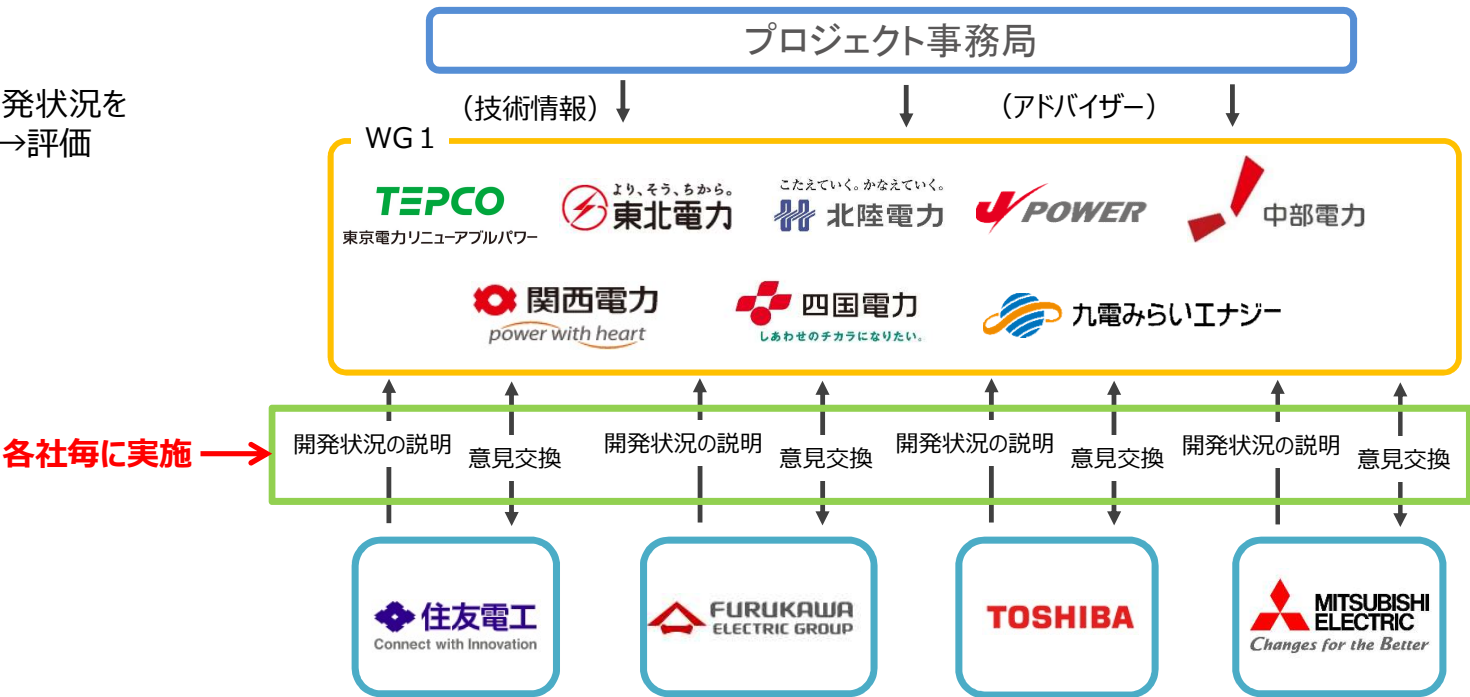
「浮体式洋上風力発電システムの技術仕様の検討と要素技術の評価」に関する取り組み

WG 1 の活動内容

- ◆WG1の参加者及び主なテーマ
  - 1) WG1は電力会社で構成
  - 2) WG1では、以下の内容を検討
    - i. 開発メーカーの研究開発状況に関するヒアリング
    - ii. 共通要素技術開発のための浮体式洋上風力発電システムの技術仕様検討および浮体式洋上風力発電電気システムのインテグレーションと評価
    - iii. その他（発電コストのテーマなど）

WG長：中部電力

- 実施内容
  - 各メーカー毎に開発状況を電力各社へ説明→評価→フィードバック



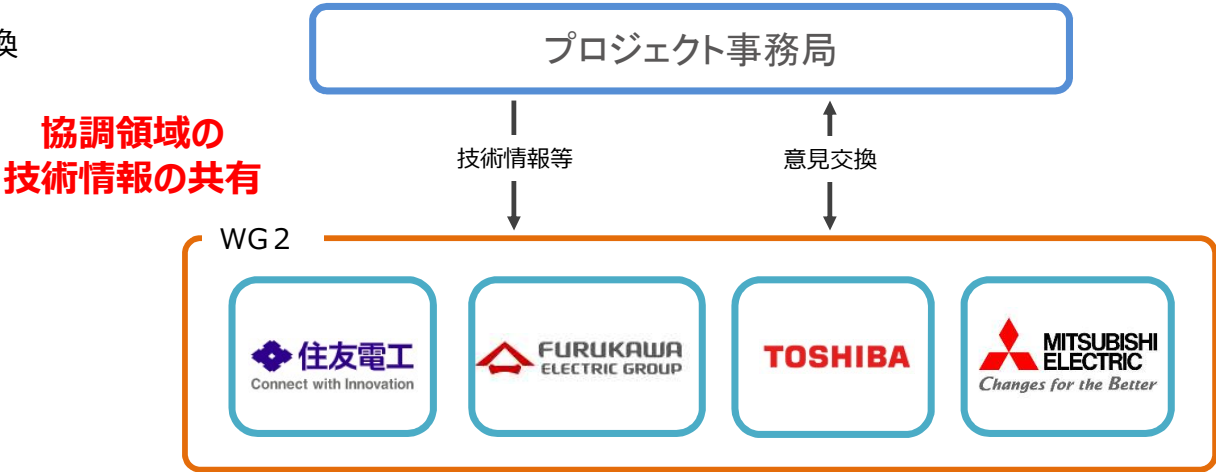
「浮体式洋上風力発電システムの技術仕様の検討と要素技術の評価」に関する取り組み

WG 2 の活動内容

- ◆WG2の参加者及び主なテーマ
  - 1) WG 2 は技術開発メーカーで構成
  - 2) WG 2 では、以下の内容を検討
    - i. 本コンソーシアムで共有すべき情報、及び研究開発している主に協調領域の技術情報の共有

WG長： 三菱電機

- 協調領域
  - ①技術情報（例：浮体、係留ケーブル及び電気設備のインターフェースなど）の共有
  - ②海外情報の共有・分析
  - ③必要に応じて技術開発者同士の情報交換



## コンソーシアムにおけるこれまでの取組（参考資料）

### 「浮体式洋上風力発電システムの技術仕様の検討と要素技術の評価」に関する取り組み

#### WG3の活動内容

◆ WG3の参加者及び主なテーマ

- 1) WG 3 は電力会社及び技術開発メーカーで構成
- 2) WG 3 では、以下の内容を実施
  - i. セミナーの内容・開催方法・頻度等の実施方法の検討
  - ii. 本コンソーシアム構成員に対する欧州等海外情報・メーカーからの情報提供

WG長：関西電力

#### セミナーにてコンソーシアムメンバーに提供する情報

- 現在のR&D活動と主な課題
- さらなるコスト削減と最適化に関する技術開発動向とニーズ
- 必要に応じて、特定のトピックや関心のある分野に関する第三者インタビューからの追加意見のとりまとめ
- コンソーシアムメンバーが関心を持つ特定のイノベーションやプロジェクトに関する外部スピーカーの招聘
- セミナーの内容に関してはコンソーシアムメンバーの要望に基づき調整

「浮体式洋上風力発電システムの技術仕様の検討と要素技術の評価」に関する取り組み

- 2022年5月17日のGI基金・交付決定後、コンソーシアム内で下記の会議を実施

出席者	議題
電力会社8社＋技術開発メーカー4社	技術開発の進め方・実施体制
電力会社8社＋技術開発メーカー4社	技術開発内容の審議等
電力会社8社	発電事業者として要望する技術仕様の検討
技術開発メーカー4社	技術開発メーカーとして要望する技術仕様の検討
電力会社8社＋技術開発メーカー4社	JIPについて欧州での事例紹介
電力会社8社＋技術開発メーカー4社	電力・メーカー間での技術仕様のすり合わせ
電力会社8社＋技術開発メーカー4社	欧米等における浮体式洋上風力発電事業の現状について
電力会社8社	サブWGを踏まえての技術仕様の検討
電力会社8社＋技術開発メーカー4社	世界の浮体式洋上変電所/変換所の研究開発状況の概要
技術開発メーカー4社	第2回WG2を踏まえての技術仕様の検討
電力会社8社＋技術開発メーカー1社	技術開発メーカーの開発状況ヒアリング及び確認

＜主な決定事項＞

- 変電所（HVAC）の容量を設定
- 変換所（HVDC）の容量を設定
- エクスポートケーブル電圧を設定
- 検討水深を設定

## 個別の研究開発内容に対する提案の詳細に関する参考資料

※ 本提案はコンソーシアムでの提案ですが、**電力会社分以外の開発内容は競争領域を含むため**、住友電気工業、古河電気工業、東芝エネルギーシステムズ及び三菱電機は**個別に提案**をいたします。**各社の研究開発内容の詳細については各社の事業戦略ビジョンの2.の参考資料をご参照下さい。**  
**本資料には電力会社分及び各社の開発内容の概要を添付**しています。

## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（参考資料）

コンソーシアム共通

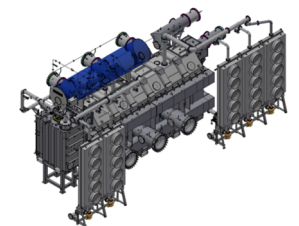
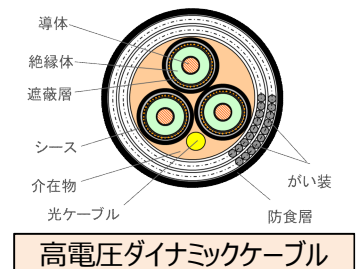
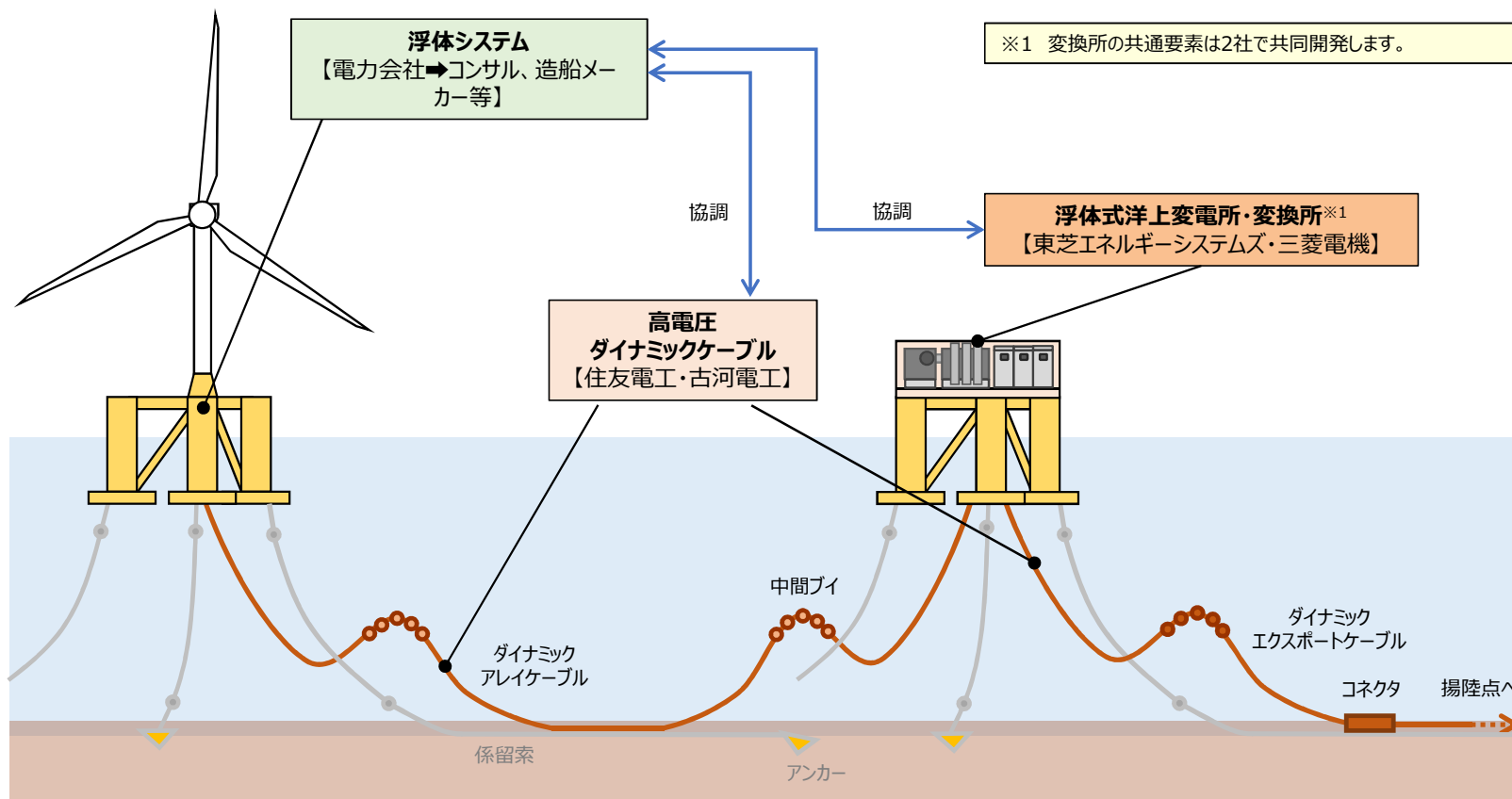
### ◆ 低コスト浮体式洋上風力発電システムの共通要素技術開発

#### ● 電力会社：浮体式洋上風力発電システムのシステムインテグレーションは電力会社で実施

- 浮体技術仕様※は造船メーカー・コンサル会社の協力により電力会社主体で検討します。※成果・ノウハウの扱いは協会社・要素技術開発メーカーと協議して決定。
- 社会実装の目的のために、各要素技術を統合したシステムとして評価（技術、CAPEX、OPEX、LCOE等）。

#### ● 開発メーカー：要素技術開発を各メーカーで実施

- 研究開発項目：フェーズ1-③-①高電圧ダイナミックケーブル、フェーズ1-③-②浮体式洋上変電所及び洋上変換所に関する技術を開発。

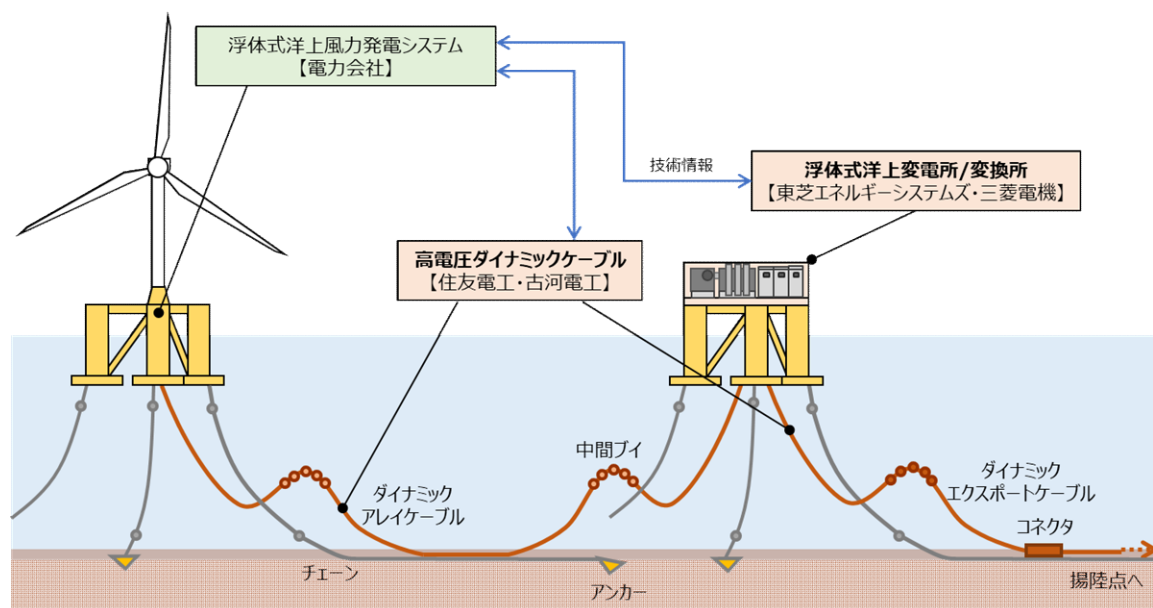


## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（参考資料）

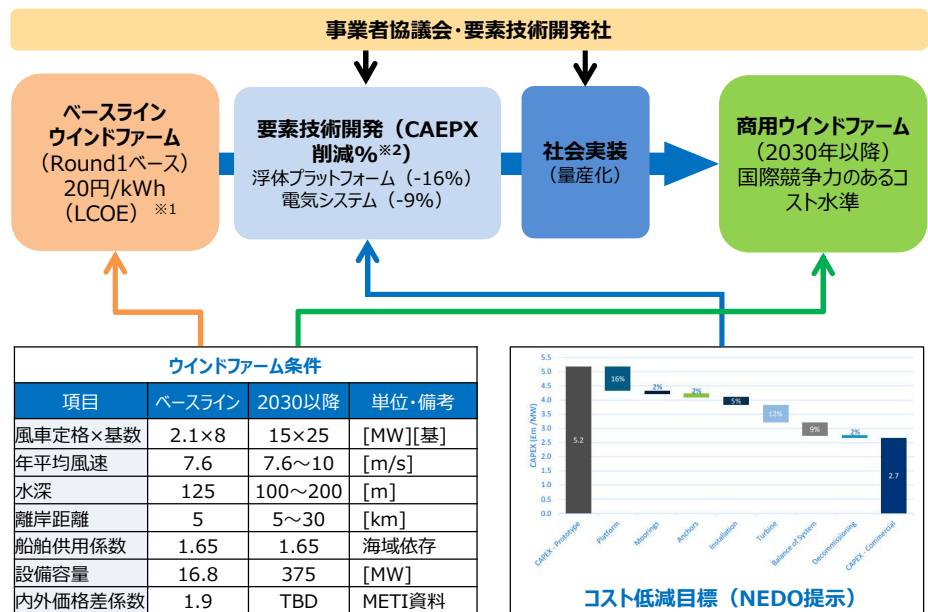
## 電力会社計画

### ●電力会社は浮体式洋上風力発電システムFS評価を実施

- 浮体技術仕様は造船メーカー・コンサル会社の協力により電力会社主体で検討します。
  - ・ 日本の海域を想定した3つ程度の異なる浮体形式（15MW風車）を用いて、要素技術開発に必要な仕様を検討・決定します。
  - ・ 浮体形式の基礎検討は、NEDO殿のFS調査等の成果を活用させていただきます。
  - ・ 要素技術開発メーカーからのフィードバックにより要素技術実証試験で採用する浮体形式を決定します。
- 社会実装の目的のために、各要素技術を統合したシステムとして評価（CAPEX、OPEX、LCOE等）します。
  - ・ ベースラインwindファーム（Round1浮体プロジェクトを想定）から、要素技術開発により低コスト技術を導入した場合の2030年以降のwindファームに対する商用windファームのコスト分析を実施します。
- フェーズ2（実証試験）の実施内容を明確化します。
  - ・ 検討した浮体形式、開発する要素技術の実証のための実施内容を明確化します。



開発対象・範囲



コスト検討方法の概要

※1 Round1のサイト条件（水深100m、離岸距離20km、設備利用率33%）を仮定して検討中のコストモデルで試算した値。

※2 公募要領で示された数値。洋上変換所・洋上変電所の数値は今後検討します。CAPEX（資本費）、OPEX（運転保守費）、DECEX（撤去費）などのその他の費用については、今後、国内外のコストデータ、コストモデル、要素技術開発の成果等を用いて評価します。

## 2. 研究開発計画／（２）研究開発内容（参考資料）

### ◆ 浮体式洋上風力のコスト低減シナリオ（案）

- 米国では浮体式の発電コストは2030年頃までに着床式と同程度の水準をシナリオとしており、**国際競争力を持つには日本も2030年以降に同程度のコスト水準が必要。**
- 洋上風力のコスト低減化は喫緊の課題であり、技術開発ロードマップの策定は必須であることから、まずは、**Round1の入札価格設定の考え方に準拠。**
- ベースラインウインドファームは、Round1の条件（下表）から将来の条件（NEDO設定：水深100m、年平均風速9.5m/s）を想定したシナリオを提案。
- **各開発メーカーの現状及び目標の数値を用いてコスト目標を提示。**

#### ■ ベースラインウインドファームの条件（Round1ベース）

- ベースラインはRound1上限価格（36円/kWh）を参考にした費用等を設定
- LCOEの計算は浮体式用モデル（2030年EUを想定）
- 日本の費用はモデル費用の1.9倍に設定[1]。

#### ■ 浮体式洋上風力のコストは2030年には現在の着床並みに[2]

- 2020年代半ばまでのCAPEXは500万ユーロ/MW(約62万円/kW)、LCOEは80ユーロ/MWh(9.9円/kWh)に達すると予想している（※1ユーロ≒124円）。
- 2030年には大規模プロジェクトのCAPEXは現在の着床式洋上風力と同程度の約240万ユーロ/MW(約30万円/kW)に達するとの予測もある。

表1 ベースラインウインドファーム条件（Round1ベース）

項目	値	単位・備考
風車定格×基数	2.1×8	[MW][基]
年平均風速	7.6	[m/s]
水深	125	[m]
離岸距離	5	[km]
船舶供用係数	1.65	係数[1]、五島沖を想定
設備容量	16.8	[MW]
資本費	69	[万円/kW]
運転維持費	37	[万円/kW]
撤去費	13	[万円/kW]
設備利用率	33	[%]
内外価格差係数	1.9	調達価格等算定委員会[1]

#### ■ コスト算定方法

- Carbon Trustなどが実施しているTINA（Technology Innovation Needs Assessment）の手法を用いて、電力会社、開発者からの技術情報、コスト情報をもとに、コストモデルを用いて現状の発電コスト、商用スケールの発電コストを算定。
- 電力会社、開発者からの情報は、NEDO公募資料にあるRFI（Request For Information）などを用いて収集。
- コスト削減の目標は、NEDO公募資料にある数値を参照する。



図1 RFI回答データによる各項目のコスト削減可能性[3]

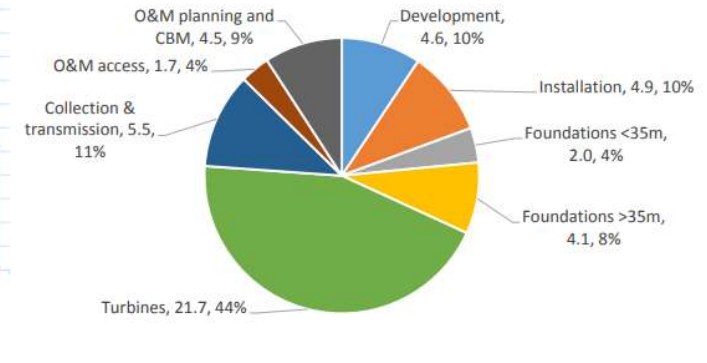


図2 TINA分析による各項目のコスト削減可能性[4]

[1] エネ庁、第59回 調達価格等算定委員会資料1、再エネ海域利用法に基づく公募占用指針について、2020年9月15日

[2] 4C Offshore

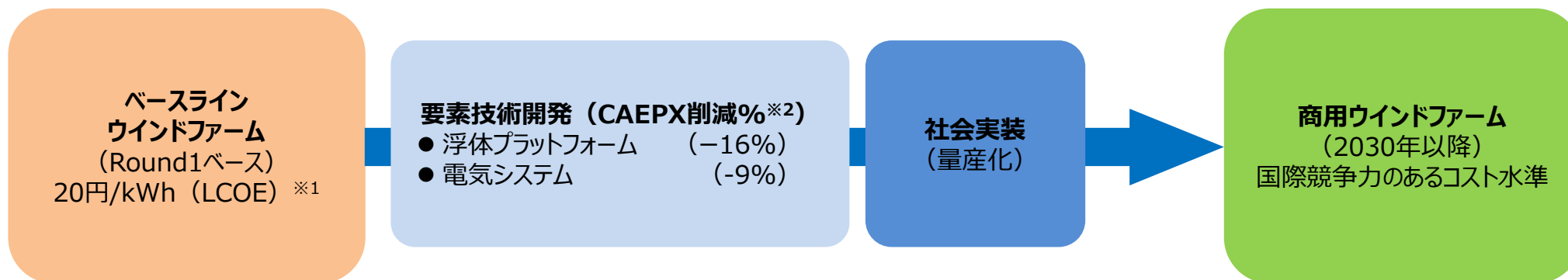
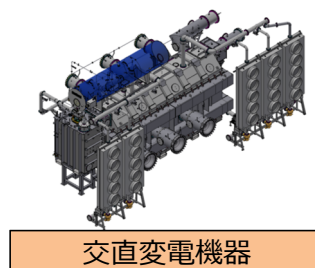
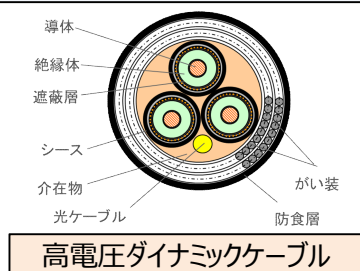
[3] The Carbon Trust, Floating Offshore Wind: Market and Technology Review, Prepared for the Scottish Government, 2015

[4] Carbon Trust (for Low Carbon Innovation Coordination Group), Technology Innovation Needs Assessment (TINA) Offshore Wind Power Summary Report, 2016

## 2. 研究開発計画／（２）研究開発内容（参考資料）

### ◆ 技術開発成果による低コスト化の達成

- 米国では浮体式の発電コストは2030年頃までに着床式と同程度の水準をシナリオとしており、**国際競争力を持つには日本も2030年以降に同程度のコスト水準が必要。**
- 洋上風力のコスト低減化は喫緊の課題であり、技術開発ロードマップの策定は必須であることから、まずは、**Round1の入札価格設定の考え方に準拠。**
- ベースラインウインドファームは、Round1の条件から将来の条件（NEDO設定：水深100m、年平均風速9.5m/s）を想定したシナリオを提案。
  - 2030年以降の社会実装以降は、複数の浮体式洋上風力の大型案件が形成されるものとします。
- **各開発メーカーの現状及び目標の数値を用いてコストを提示。**



### コストダウンシナリオ（案）

※1 Round1のサイト条件（水深100m、離岸距離20km、設備利用率33%）を仮定して検討中のコストモデルで試算した値。

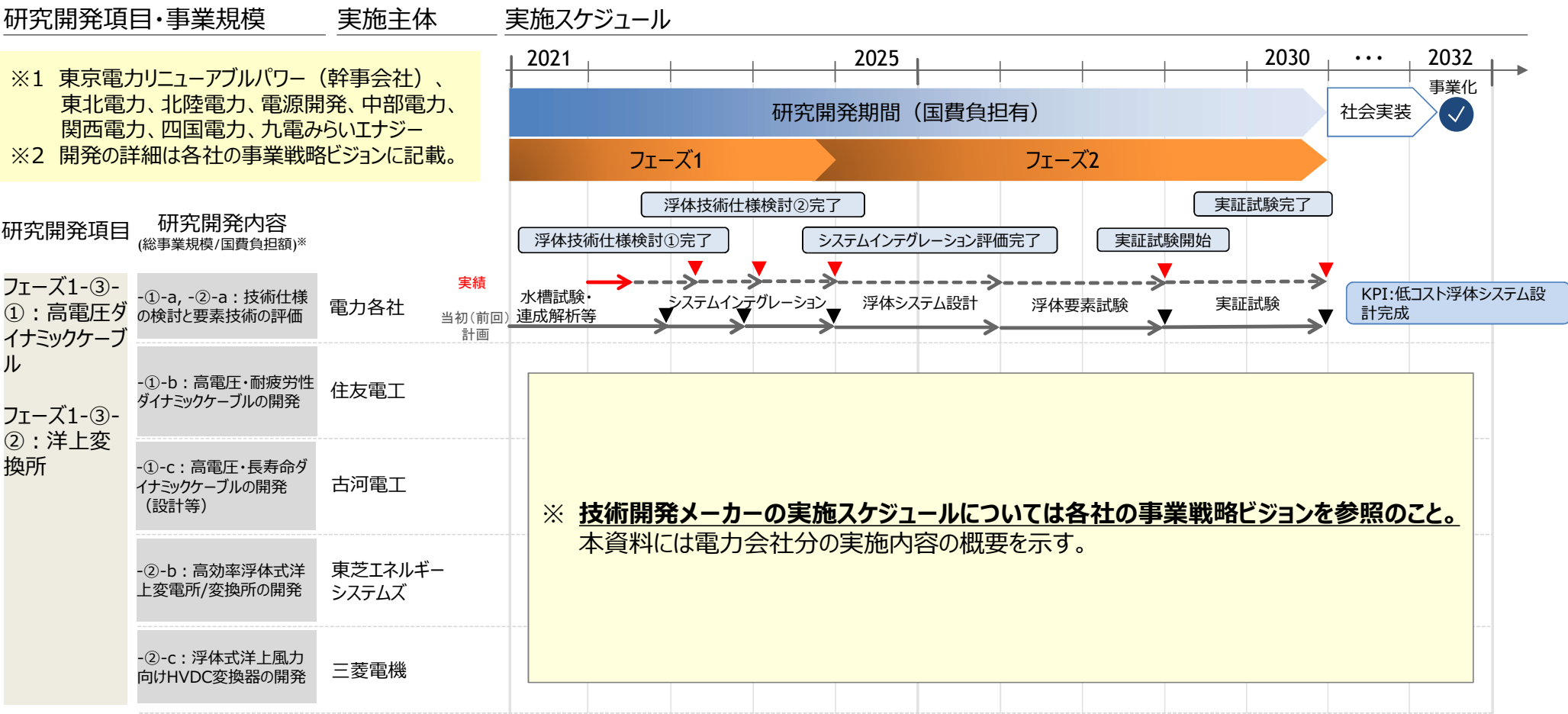
※2 公募要領で示された数値。洋上変換所・洋上変電所の数値は今後検討します。CAPEX（資本費）、OPEX（運転保守費）、DECEX（撤去費）などのその他の費用については、今後、国内外のコストデータ、コストモデル、要素技術開発の成果等を用いて評価します。

研究開発内容に対する参考資料  
おわり

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

コンソーシアム全体

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／（3）実施スケジュール（参考資料）

電力会社計画

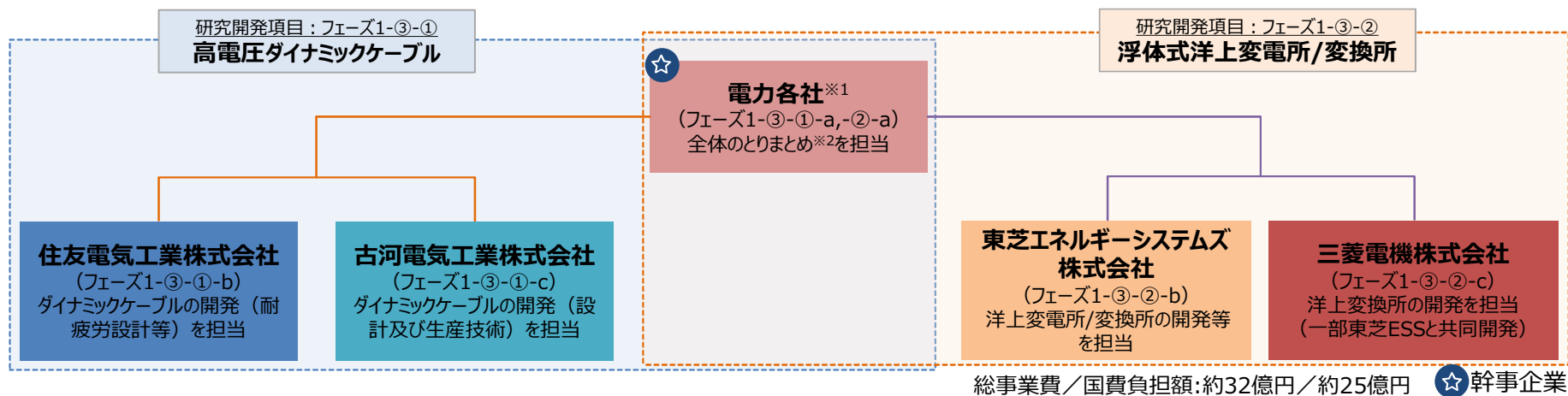
### コンソーシアム全体実施内容概要

低コスト浮体式洋上風力発電システムの開発 （ダイナミックケーブル/変電所・変換所の開発）			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
フェーズ1	条件設定	設計に必要な諸条件（サイト条件等）									
	浮体技術仕様検討①※0	復原性評価					<b>【注記】</b> ※0 浮体については風車用、変電所用、変換所用を別に検討 ※1 要素技術開発者へ技術仕様をフィードバック ※2 要素技術開発者へ技術仕様をフィードバック及び実証試験用浮体の選定 ※3 WG年間実施回数12回の内訳：電力会社：2回、ダイナミックケーブルメーカー：2社×2回、変電所・変換所メーカー：2社×2回、他必要に応じてサブワーキング開催 ※4 目標TRLに達成するために期間延長の可能性を考慮（現時点でフェーズ2の公募時期が不明のため、フェーズ2に採択された場合はフェーズ2の中で実施する可能性がある）				
		水槽試験									
		連成解析（前処理含む）									
		係留システム/ダイナミックケーブル/変電所・変換所/評価	※1								
	浮体技術仕様検討②※0	技術開発者からのフィードバック									
		復原性評価（要素技術情報に基づく浮体変更後）									
		係留設計（要素技術情報に基づく浮体変更後）									
		要素技術評価・浮体システム統合評価		※2							
	選定浮体詳細検討	水槽試験									
		係留設計									
		連成解析									
		要素技術評価・浮体システム統合評価									
	システムインテグレーション・評価	システム総合評価・コスト評価									
	フェーズ2実施計画	実証試験のための検討									
	ワーキンググループ	技術評価WG（半期ごと、年計12回※3を想定）	● ●	● ●	● ●						
フェーズ2	高電圧ダイナミックケーブルの開発（住友電工・古河電工）					※4					
	浮体式洋上変電所の開発（東芝エネルギーシステムズ・三菱電機）					※4					
	低コスト浮体式洋上風力発電システム実証試験	浮体システム設計									
		実規模要素試験									
		浮体システム制作									
		海域設置・運転									

## 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（研究開発項目：フェーズ1-③-①）

- 全体の取りまとめは電力会社が行う。
- 電力各社は、浮体式洋上WF開発の観点で電気システムの検討・評価を担当する。
- 古河電気工業株式会社と住友電気工業株式会社は、ダイナミックケーブルの開発を担当する。

##### 研究開発における連携方法（研究開発項目：フェーズ1-③-①）

- 古河電気工業株式会社と住友電気工業株式会社は浮体式洋上風力発電用ダイナミックケーブルの開発を行う。
- 電力各社は、ケーブルメーカーが開発したダイナミックケーブルを用いた浮体式洋上WFの送電システムの検討・評価を行う。

※1 東京電力リニューアブルパワー（幹事会社）、東北電力、北陸電力、電源開発、中部電力、関西電力、四国電力、九電みらいエナジー

※2 浮体式洋上風力発電システムの技術仕様の検討と要素技術の評価を担当

##### 各主体の役割（研究開発項目：フェーズ1-③-②）

- 全体の取りまとめは電力会社が行う。
- 電力各社は、浮体式洋上WF開発の観点で電気システムの検討・評価を担当する。
- 東芝エネルギーシステムズ株式会社は浮体式洋上変電/変換設備の開発を担当する。
- 東芝エネルギーシステムズ株式会社と三菱電機株式会社は、浮体式洋上変換所に関する共通課題となる浮体式洋上変換器要求事項の取纏めを共同で行う。
- 三菱電機株式会社は、主に小型・低損失変換器に関する開発を担当する。

##### 研究開発における連携方法（研究開発項目：フェーズ1-③-②）

- 東芝エネルギーシステムズは、電力会社の意見を参考に浮体式洋上変電所/変換所に搭載可能な変電設備の開発を行う。
- 電力各社は、東芝エネルギーシステムズが開発した洋上変電設備を活用した陸上への送電システムについての検討・評価を行う。
- 三菱電機株式会社は浮体式洋上変換所の交直変換器について、洋上風力用HVDCへ適用するための開発を行う。
- 電力各社は、三菱電機株式会社、東芝エネルギーシステムズ株式会社が開発した洋上変換所を活用した陸上への送電システムの検討・評価を行う。

2. 研究開発計画／（５）技術的優位性

コンソーシアム全体

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
フェーズ1-③-①： 高電圧ダイナミック ケーブル  フェーズ1-③-②： 浮体式洋上変電所	1 浮体式洋上風力 発電システムの技 術仕様の検討	<ul style="list-style-type: none"><li>電力会社が有する発電事業設計・運用実績を活用</li><li>協力会社の浮体実証試験のノウハウ、国内外のコンサル会社のノウハウを活用</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>【優位性】複数の電力会社が参加することにより、費用対効果の高い技術を選択する可能性が向上する。</li><li>【リスク】関係者間調整に時間を要する場合がある。</li><li>【優位性】ユーザーズに即した技術開発になり社会実装の実現がしやすい。</li></ul>
	2 高電圧・耐疲労 性ダイナミックケー ブルの開発	<div>s ※ 技術開発メーカーの技術的優位性等については各社の事業戦略ビジョンを参照のこと。 本資料には電力会社分実施内容の概要を示す。</div>	
	3 高電圧・長寿命ダ イナミックケーブル の開発（設計及び 生産技術）		
	4 浮体式洋上変電 所/変換所の開発		
	5 浮体式洋上風力 向けHVDC変換 器の開発		

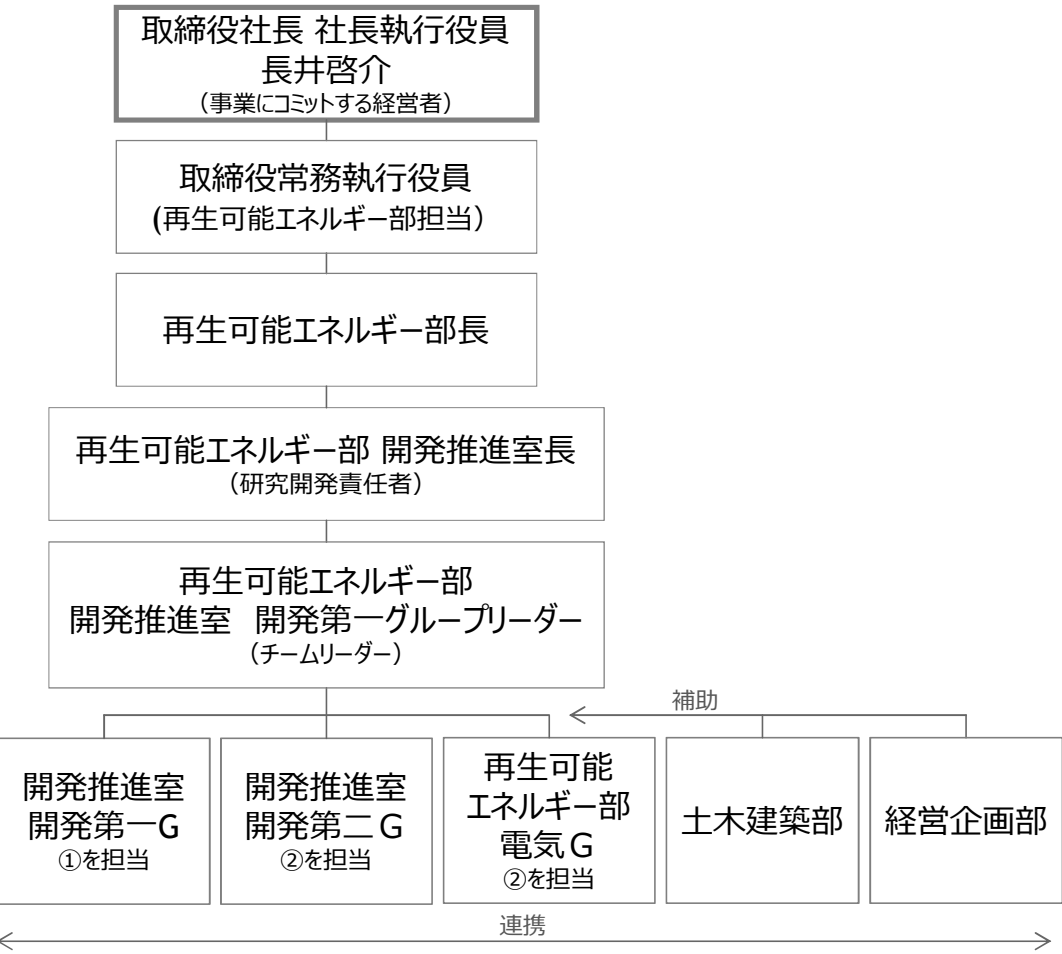
# 3. イノベーション推進体制

(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
  - 再生可能エネルギー部 開発推進室長：研究開発推進の統括管理
- 担当チーム
  - 開発第一G：①フェーズ2に向けた検討・計画を担当（併任8人規模）
  - 開発第二G：②フェーズ1における検討・評価を担当（併任2人規模）
  - 電気G：②フェーズ1における検討・評価を担当（併任6人規模）
  - 土木建築部：海象他土木技術評価の補助
  - 経営企画部：研究の全社管理、カーボンニュートラル全社戦略管理
- チームリーダー
  - NEDO「太陽光発電システム等に係る保守・管理能力向上支援事業（タイ・ラオス・カンボジア・インドネシア）」などへの参画

##### 部門間の連携方法

- 情報共有ミーティングの適宜実施

### 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
  - 四国電力グループは、地球温暖化問題への対応を重要な課題と認識し、事業運営に取り組んできている。こうした中、企業のESGやSDGsへの取り組みが世界的に広がり、日本政府が成長戦略の柱に「2050年カーボンニュートラル」を宣言し、脱炭素社会の実現に向けた動きが進んでいる。
  - 四国電力グループは、エネルギー供給を支える責任ある事業者として、「電源の低炭素化・脱炭素化」と「電気エネルギーの更なる活用」の推進を通じた「2050年カーボンニュートラル」への実現により持続可能な社会の実現に貢献することを社内外へ公表している。
- 事業のモニタリング・管理
  - 経営層への定期的な事業進捗の報告を行うこととしており、経営層からの指摘・指導等を適宜事業に反映することとしている。
  - 以下の取り組みを通じてコーポレートガバナンスの充実を図ることとしている。
    - 監査等委員会設置会社への移行、執行役員制度の見直しなどによる業務執行および経営監督機能の強化
    - 適時適切な情報開示
    - 社外取締役の増員などによる経営の透明性の確保

#### 事業の継続性確保の取組

- 左記の取り組みは会社の仕組みとして構築されており、経営層の交代等に関わらず継続して実施される。

### 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事業を位置づけ、広く情報発信

---

#### 事業方針の策定

---

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
  - 中期経営計画(2021年3月発表)において、「電源の低・脱炭素化」と「電気エネルギーの更なる活用」を長期重点課題に掲げ、2050年のカーボンニュートラルを目指すとしている。
- 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、「電源の低炭素化・脱炭素化」と「電気エネルギーの更なる活用」を推進しており、これに必要な研究開発の実施について、ロードマップへ織り込んでいる。
  - 上記内容は「グループ中期経営計画」に明記されており、全社員に周知されている。
  - 具体的な研究開発の計画については、グループ経営計画のひとつとして毎年の常務会決議事項となっている。

#### ステークホルダーに対する公表・説明

---

- 情報開示の方法
  - カーボンニュートラルへの取り組みおよび再生可能エネルギー開発推進については、中期経営計画の中心事項として明記され、また中期経営計画については、社長定例会見において社外に公表されるとともに、ホームページにも示され、社内外に広く伝わるよう考慮されている。
  - 本事業については、採択時にプレスリリース等により対外公表されている。
- ステークホルダーへの説明
  - カーボンニュートラルへの取り組みおよび再生可能エネルギー開発推進は、中期経営計画および本年度(2022年度)経営計画の重点実施事項として示されていることに加え、「カーボンニュートラルへの挑戦」としてプレスリリースされており、ステークホルダーに広く周知されている。
  - また、その中において、カーボンニュートラルは世界的な潮流として、持続可能な社会の実現のために必要である旨が示されている。

### 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
  - 「開発推進室」において、四国域内にとどまらず、域外も含めた国内各地において、風力(洋上・陸上)、太陽光、バイオマスなど多様な再生可能エネルギー電源の開発や事業参画に積極的に取り組んでいくこととしている。
- 人材・資金の投入方針
  - 「開発推進室」では洋上風力も含めた再エネ開発に向けて積極的に取り組んでおり、洋上風力の研究開発・社会実装にあたる本件に対しては、「開発推進室 開発第一グループ、開発第二グループ」が主として携わることとする。2023年度より、「開発推進室」の人員を3名増員し、開発業務に積極的に取り組んでいくこととしている。電氣的、あるいは土木的な技術検討においては、適宜それぞれの担当部署から協力を得ることとする。
  - 中期経営計画(2021年3月発表)において、「再エネ拡大」、「火力の低炭素化」、「国際・新規事業投資」を目的に、2,000億円程度（2021～2030年度の累計）を投資することとしている。

#### 再生可能エネルギー電源開発の取組み

- 国内電源開発専門部署の設置
  - 国内開発案件の発掘から、事業性評価、推進までの一連の業務を担う専任組織として、再生可能エネルギー部内に「開発推進室」を設置し、再生可能エネルギー電源開発の取組みを加速する。
  - 脱炭素社会の実現に向けた戦略的な取り組み等について、全社大で審議するとともに、こうした姿勢を社内外に訴求していく観点から「環境戦略委員会」を設置した。
- 若手人材の育成
  - 再生可能エネルギー電源開発における若手人材の育成について、以下の取組みを通じて能力伸長を図ることとしている。
    - 中堅および若手社員を対象とした技術研修はもとより、再エネ電源の開発検討などを通じて、再エネ事業全般に貢献できる人材育成に積極的に取り組む。
    - 国際事業部が進めている海外再エネ事業に関して、設備設計や建設状況の確認などを通じた技術力向上に取り組む。

## 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、技術開発の継続が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

▲**リスク**：異なる会社によってそれぞれで研究開発・設計されるため、ケーブル設計などで、変電所などとの互換性がない事態が発生

➡●**対応策**：協議会は、インターフェースの問題を回避するために、浮体式洋上風力発電プロジェクトの統合設計を行い、管理する。

▲**リスク**：設計されたケーブル電圧が、プロジェクトの完了後の商用規模の発電には不適合（容量不足）である

➡●**対応策**：協議会は世界のケーブルの研究開発及び商業ベースの実装状況の情報を常に収集し、商業化に適したケーブル電圧についてアドバイスを提供。当該研究開発対象は、高圧ダイナミックケーブル開発の初期段階であり、より大きな見地で情報を提供・共有する。

#### 社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

▲**リスク**：プロジェクトの実施期間の遅延

➡●**対応策**：クリティカルパスを含むプロジェクトスケジュール管理を徹底し、マイルストーン・イベントの確実な実行をはかる

▲**リスク**：プロジェクトコストの超過

➡●**対応策**：プロジェクト開始前に綿密なコスト計画を提出し、それが、協議会によって見直され、監視される体制を作る。補助金予算は限られているため、研究開発費の管理は重要

▲**リスク**：ケーブル試験の予算不足

➡●**対応策**：全体の予算管理と同様に、研究開発者の事前の綿密なコスト計画と、協議会の見直し、監視で予算管理を徹底する

#### その他（自然災害等）のリスクと対応

▲**リスク**：COVID-19ウイルスのようなパンデミック発生プロジェクトへの影響によるリスク

➡●**対応策**：当局からの公衆衛生の指示に従い、プロジェクトチームの保護措置を講じる。流行の状況と政府の公衆衛生の指示を綿密にフォローし、それに応じたプロジェクト活動を進める。必要に応じて電話会議/オンライン会議を使用。



#### ● 事業中止の判断基準：

- ・ 技術開発動向や国内外における競争環境の著しい変化により、当該技術が今後使用される可能性が著しく低くなった場合
- ・ 研究開発期間中の著しい経済情勢の変動により、技術開発の継続が困難になった場合
- ・ 天災地変や感染症拡大、紛争等のその他不可抗力により、技術開発の継続が困難になった場合