

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：モビリティ向けモーターシステムの高効率化・高出力密度化技術開発

実施者名：株式会社デンソー、代表名：代表取締役社長 有馬 浩二

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

脱炭素社会実現の動きの急速化により、
CO2排出量が全体の1/5を占める輸送部門の電動化産業が急拡大すると予想

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）

世界各国が温暖化防止のために
脱炭素社会実現を宣言

CN達成時期	1990年比	2005年比	2013年比
EU	2050年 ▲40%→▲55%		
USA	2050年 ▲26~28% →▲50~52%		
Japan	2050年 ▲26%→▲46%		

（経済面）

世界各国がCO2削減目標達成、
新産業の創出に向け大規模な
投資計画を発表

EU	グリーンディール€1兆(10年間)投資 各国個別にも数百億投資
USA	グリーンエネルギーに\$2兆投資(4年間)
Japan	グリーンイノベーション基金に2兆円投資

（政策面）

自動車
業界

Fit for 55 (21年7月発表)
さらなる燃費規制の強化

乗用車排出基準(21年比)
▲37.5%@2030
→ ▲55%@2030、▲100%@2035

航空
業界

ICAO(国際民間航空機関)：
国際航空の成長スキーム「CORSIA」採択

【CO2排出量削減目標】
2050年に2005年比で半減

（技術面）

自動車が牽引するパワエレ技術の進化

高出力化, 高効率化, 電池容量向上/低コスト化, 急速充電技術



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 <モビリティ領域>

モビリティ



あらゆるモビリティ
の電動化を実現

パワー
トレイン

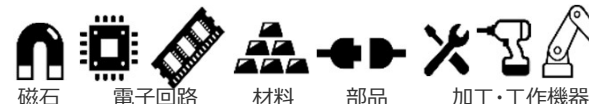
【電動パワートレイン】
電動化モビリティの肝



デファクトスタンダードをめぐる競争激化

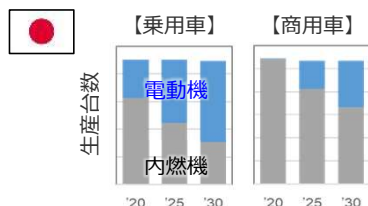
競争力の高い
コンポ/システムが
世界を席巻する

サプライ
チェーン



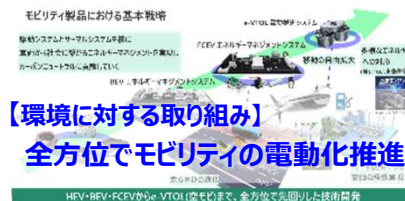
裾野の広い
大規模産業の創出

- 市場機会：
乗用車のみでなく、商用・農建機・
空のモビリティを含めて電動機産業が大きく拡大



- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：
・各種既存モビリティの電動化によるCO2削減
・電動化技術進化による新たなモビリティの創出
⇒カーボンニュートラル社会と快適で自由な移動の両立

- 当該変化に対する経営ビジョン：
「環境」と「安心」の価値を提供し、
社会に共感される新たな価値創造



空のモビリティへの取り組み/技術戦略



1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

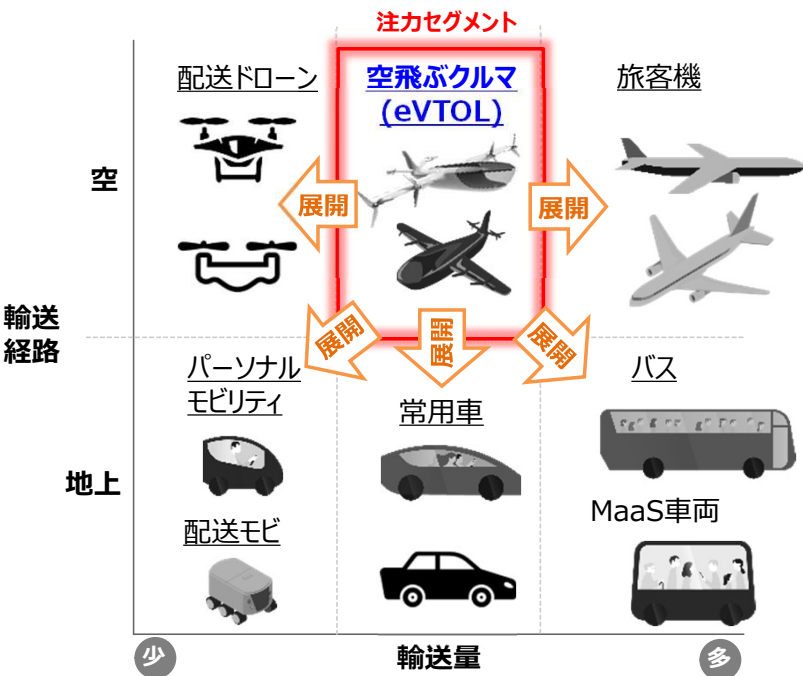
モビリティの中でも電動航空機、更にその市場のうち空の移動革命を実現させる“空飛ぶクルマ”をターゲットとして想定

セグメント分析

電動化市場のうち、空飛ぶクルマをターゲットとする

【理由】

- ・技術要求が高い ⇒ 技術を革新し、他のモビリティへ展開
- ・空の移動革命実現 ⇒ 社会からの大きな期待と期待実現による爆発的市場拡大が予想される



将来、技術展開により様々なモビリティの電動化を牽引

ターゲットの概要

市場概要と目標とする事業開始時期

以下の需要家により新たな交通手段として、人流・物流含め様々な用途が検討されている

市場規模予測 : 空飛ぶクルマは2025年頃から市場導入が開始され、2030年以降に大きな市場を形成していくと予測

【ビジネス目標】

空飛ぶクルマの市場形成時期に合わせて、機体メーカーへ本事業対象であるモーターシステムの提供を目指す

需要家	消費規模（～'30年）	課題	想定ニーズ
タクシー業 （エアタクシー）	大規模	- 社会受容性（安全・騒音） - 離発着場整備	- 過密都市内（渋滞回避） - 空港→都市中心部 - 地上乗り換え経路
物流業	中規模	- 低コスト化（無人化） - 離発着場整備	- 生鮮商品輸送 - 離島物流
観光業	小規模	- 社会受容性 - 離発着場整備	- 離島 - 過疎地 } 交通不便地域
救命救急	小規模	運行可能状態の維持（充電等）	ドクターヘリの置き換え
災害救助	小規模	運行可能状態の維持（充電等）	災害救助ヘリの置き換え

上記需要の中でも特にエアタクシー業が新たな移動価値提供という観点で最も需要が高いと考えられる

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

高出力密度化技術を用いて軽量の製品を提供し、収益性の高いエアタクシー事業の創出・発展につなげる事で、機体生産・交換需要を増大し、モーターシステムの市場を拡大する

社会・顧客に対する提供価値

【空飛ぶクルマへの提供価値】

高出力密度+空冷冷却の実現による軽量化

目標値

社会実装計画における、
モーターシステムの出力密度目標
である3.0kW/kgを上回る

機体のペイロードを増加させ、
事業性を大きく向上させる事で
空の移動の社会実装を推進

波及効果

【他のモビリティへの提供価値】

要求に応じて価値を置き換え

- 高出力密度

- 軽量化
- 小型化
- 高出力化

- 空冷冷却

- 搭載制約緩和

あらゆるモビリティの
電動化を推進

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

航空機の機体価値指標：運搬能力(ペイロード)と消費エネルギー

⇒ どれだけの人・荷物を一度に運べるか？ どれだけ安く運べるか？

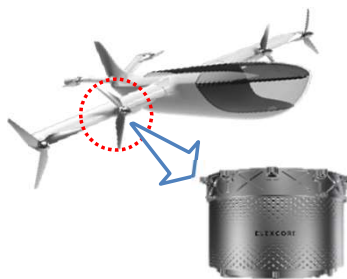
→ 機体の**軽量化**(推力をペイロードに割り当てる)

→ **高効率化**

電動化で効率は大きく向上

↓
差別化のポイントは“**軽量化**”

モーターシステムの出力密度目標の価値



モーターシステムの**軽量化**で
機体のペイロード向上に貢献する

ペイロード増加



売上げ
増加

運賃へ
還元

ビジネスモデル

モーターシステム軽量化にて機体価値向上

→ 空の移動社会を実現し、機体数量&稼働率向上

→ 新規納入・メンテナンス含め、モーター売上向上



市場形成促進

メンテナンス/
交換需要



新規納入

モーターシステムの
売上げ向上



他モビリティへの展開
により、産業振興促進

利便性向上による
空の移動の社会実装の促進
⇒ **空の移動革命の実現**



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）

標準化機関の活動に参画し、航空認証の肝となる安全性証明手法のルール形成を推進。
オープン/クローズ戦略で競争力の確保と社会実装の推進を両立

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

- 自社技術の強み
 - 電動パワートレインで先行する自動車産業で培った、
 - ✓ モーターシステムの**設計ノウハウ（高性能/高品質）**
 - ✓ モーターシステムの**大量生産技術ノウハウ（自動化/高品質）**
 - ➡ 技術を更に磨き、競争力を維持 ⇒ **クローズ戦略(知財化)**
- 航空機市場の特徴
 - ✓ 認証による高い参入障壁とそれゆえの高いスイッチングコスト
 - ✓ 電動航空機は黎明期であり認証ルールも構築段階
 - ➡ 自動車産業の知見を活かし、航空機用モーターシステムの安全証明方法の標準化を推進。
 - ⇒ **日本の強みである自動車産業のを活かしたオープン戦略で電動航空機に置いても日本の強みを維持しながら社会実装を推進**

国内外の動向・自社の取組状況

- 空飛ぶクルマ(eVTOL)に対する標準化動向
 - 航空分野の標準化機関としてはSAE, ISO, ASTM, RTCA 等があり、各国制度を策定しているFAAやEASAといった航空当局と連携
 - ➡ **標準化団体が制定した規格が実質上の認証取得ルール**となる
- 自社の取り組み
 - ✓ SAE E-40(電動推進コミッティ)に加入し、規格改定の議論に参画
 - ✓ ReAMoプロジェクトにコンソーシアムとして参画し、日本としての標準化を推進。モーターシステムの評価環境構築 & 実証も担当。
 - ➡ 航空規格を牽引する**海外の業界団体に参画し、国際標準化を狙う。**合わせて**日本の航空産業の競争力強化も実現させていく**

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）

標準化戦略実現への取り組み

- SAE E-40の活動を通し、自動車産業の知見を電動航空機用に応用してモーターシステムの故障モードと安全性評価方法の提案および基準化を推進する
- 安全性証明に必要な環境評価設備を日本国内に構築する事で国内の他サプライヤーの参画を促し、日本の競争力強化 & 産業振興を促す
- 戦略と活動状況を審議するための経営役員への定期報告会を開催する

オープン戦略

領域：ルールに準拠するために必須の共通技術 ⇒ **評価方法の標準化**

- ルールメイク活動と並行し、ルール準拠に必要な技術を主要国で特許化する
- 取得した特許は積極的に実施許諾することで国際標準化の主導権を握る

クローズ戦略

領域：ルールに準拠して最適設計された独自の製品技術

- ノウハウとして秘匿、または特許化した上で独占実施し、差別化を実現する⁶

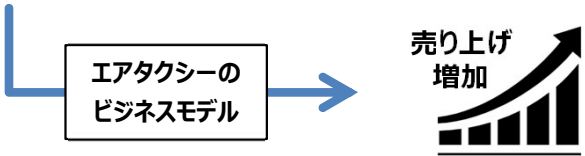
1. 事業戦略・事業計画／（４）経営資源・ポジショニング

長年培ってきた自動車用モーターシステム開発技術および大量生産技術の強みを活用し、軽量化(高出力密度)を実現させる事で社会・顧客に対してグリーンで快適な空の移動を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- モーターシステムの軽量化(高出力密度化)により、競合に対して機体のペイロード増加



顧客の機体価値を大きく向上させる価値を提供可能

自社の強み

- 電動機設計ノウハウ(高性能技術)
 - 磁気回路設計技術(モーター)
 - 巻き線技術(モーター)
 - 高効率素子内製技術(インバータ)
 - 高効率素子冷却技術(インバータ)
- 高品質・大量生産技術
 - 自動車駆動用インバータ量産実績：2000万台
 - ※現行航空機は年数百台 << 自動車は年数十万台

自社の弱み及び対応

- 航空要件への対応ノウハウ
 - ハネウェル社とのアライアンスによる参入障壁突破

他社に対する比較優位性

	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社	(現在) 小型高信頼性 (将来) 軽量・超小型 高信頼性	- 自動車OEM ↓ - 自動車OEM - 航空機OEM 【強み】 ・パートナーから主力となる航空OEMとの基盤を獲得 ・新規参入が予想される自動車OEMとの基盤構築済	- 自動車系 ↓ - 自動車系 - 航空系 【強み】 ・大量生産による低コスト化技術を持つ自動車系サプライヤーとの基盤構築済 ・パートナーから航空品質を確保可能なサプライヤー基盤獲得	- 大量生産設備 - 資本金：1,875億 ↓ - 大量生産設備 - 資本金：1,875億 - 航空認証ノウハウ 【強み】 ・空飛ぶクルマで必要となる大量生産・高品質技術構築済 ・航空業界参入に必要な品質・認証ノウハウをパートナーより獲得
顧客基盤/サプライチェーン/設計技術/生産技術/認証ノウハウ すべてにおいて自動車業界と航空業界のメリットを両立させ、いち早く社会実装を実現可能な能力を保有可能				
競合A社	自動車系 大手競合	- 自動車OEM 【弱み】 ・主力となる航空OEMとの基盤なし	- 自動車系 【弱み】 ・航空品質を確保可能なサプライヤー基盤なし	- 大量生産設備 【弱み】 ・航空品質・認証対応ノウハウなし
競合B社	航空系 大手競合	- 航空機OEM 【弱み】 ・新規参入が予想される自動車OEMとの基盤なし	- 航空系 【弱み】 ・低コスト化技術を持つ自動車系サプライヤーとの基盤なし	- 認証対応ノウハウ 【弱み】 ・大量生産能力なし
競合C社	航空系 ベンチャー競合	- 現時点なし 【弱み】 ・ゼロからの顧客基盤構築が必要	- 現時点なし 【弱み】 ・ゼロからのサプライチェーン構築が必要	- 軽量化技術 【弱み】 ・大量生産能力なし ・航空品質・認証対応ノウハウなし ・外部からの資金調達が必要

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

5年間の研究開発の後、2027年頃の事業化、2032年頃の投資回収を想定



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	＜研究段階からの品揃え戦略(一括企画)＞ ・要求範囲を網羅する標準コア技術の確立 ・カスタム設計のみで幅広い顧客に対応 研究段階から幅広い顧客対応可能な一括企画を推進 ⇒Min工数で事業拡大し、次世代開発にもリソース分配 ＜黎明期を勝ち抜く体制構築＞ ・ハネウェル社と協業契約 ⇒ 参入障壁の突破 ・航空/自動車両チャンネルを活かしたOEMとの議論 ・規格団体への参画, 当局/大学との連携 ⇒ 開発方針の検証	＜量変動に対応できる量試作一貫ライン＞ ・手作業 ⇒ 治具化 ⇒ 合理化 ⇒ 自動化と進化できる仕組みと設備を開発 ・黎明期は小規模なラインで無駄のない生産、試作から量産少量時までに対応 ・ネック工程の増強をあらかじめ想定し店構えし量拡大にフレキシブルに対応	＜航空系 & 自動車系 OEMの全方位拡販＞ 航空業界大手ハネウェル社とのアライアンス関係を通じOEMの機体コンセプトやユースケースのリサーチを幅広く進め、新たな市場であるUAMビジネスの全体の動きを的確に把握 一方、UAM市場に進出する自動車系OEMに対しては自社の自動車関連のビジネス関係を活かし、幅広くUAM市場のビジネスに参入すべく拡販活動を進める ＜法規/認証基準作りへの参画＞ 航空に先行して“電動化”が進む自動車関連の知見を活かし、UAMの電動推進システムの法規・認証基準の策定をリードする団体と会話・議論する活動を実施し、空の市場での安全な電動化に貢献する
進捗状況	・機体の仕様範囲からモーターシステムへ要求される出力範囲を分析完了. 幅広い顧客へ対応可能なコア仕様の設定完了.	・試作から量産までの量変動に対応できる、ロボットを活用したフレキシブル設備の開発を推進中. ・リアル実証とデジタル解析を融合したデジタルツイン開発を推進中.	・航空系/自動車系含めた多数のOEMとの会話を実施し拡販活動を推進中. ・海外拠点と連携し、SAEへ参加. 航空機用モーターシステムの規格策定へ参画中.
国際競争上の優位性	● ・幅広い顧客要求に対応可能なコア技術戦略(品揃え標準化)で黎明期の空飛ぶクルマ産業で勝ち残る ・ハネウェル社との協業により、研究段階から認証の障壁を突破. 自社含めた広い顧客網を活用し、技術開発戦略の仮説を検証し、ブラッシュアップ ・規格団体, 当局との連携活動で業界動向の精査と自身の技術開発方針を検証	● ＜航空品質と量対応の両立＞ ・量変動に対応可能な量試一貫ライン + ・長年の自動車事業で培った、高品質・大量生産を実現する自動化ライン+デジタル技術 ⇓ 航空業界で求められる高品質・トレサビを少量から大量生産までフレキシブルにやり切り、高品質と低コスト化の両立	● ＜グローバル生産を通じた国際コスト競争力確保＞ まずは日本生産で立ち上げるが、世界のUAMメイン市場は欧米地域となると想定されるため、その数量状況に応じて、自社欧米拠点活用によるコスト競争力創出を検討していく

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、90億円規模(～26年度まで)の自己負担を予定

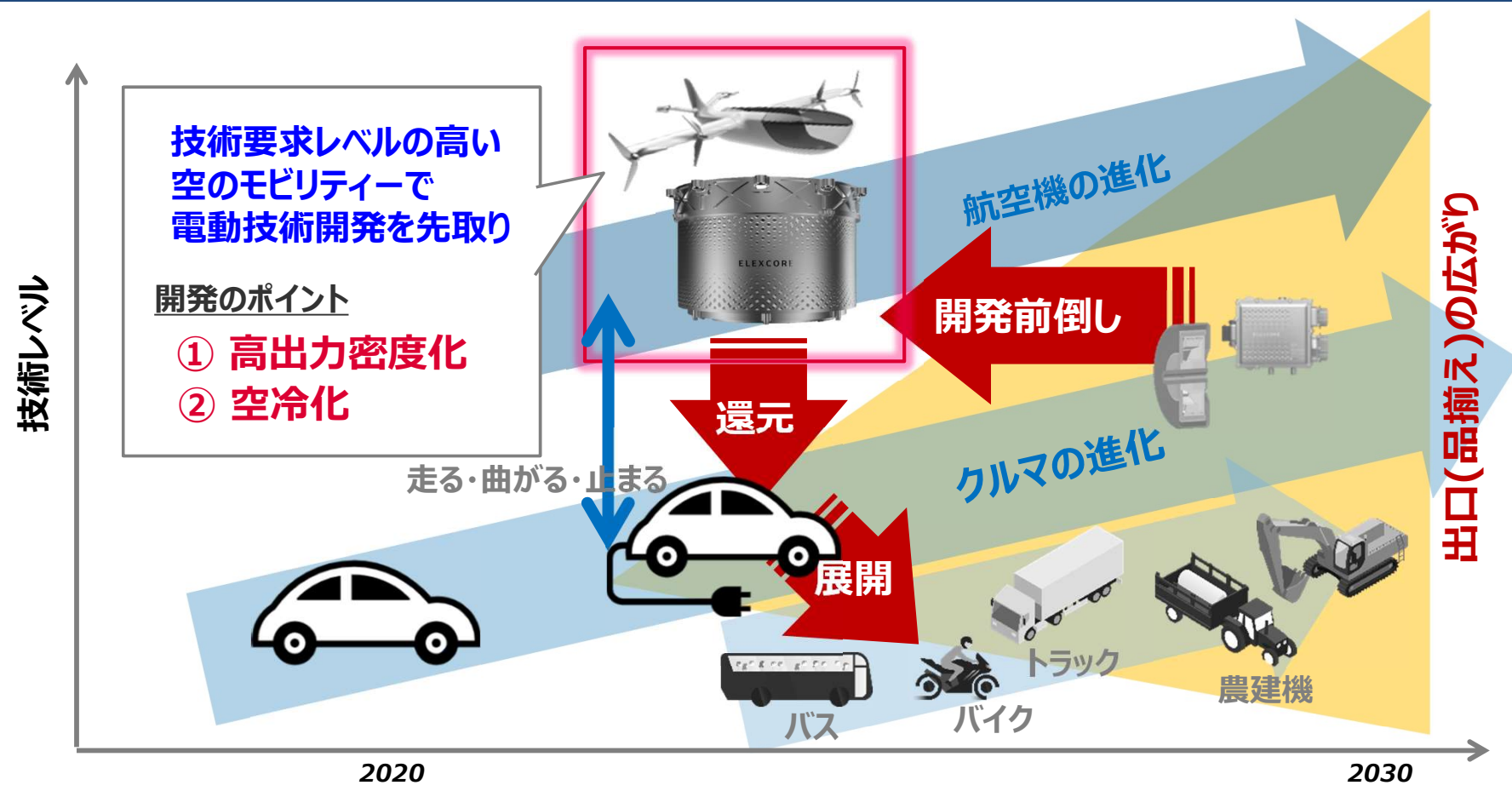
資金調達方針															
	研究開発						事業化	投資回収							
	2021 N0年度	2022 N1年度	2023 N2年度	2024 N3年度	2025 N4年度	2026 N5年度	2027 N6年度	2028 N7年度	2029 N8年度	2030 N9年度	2031 N10年度	2032 N11年度	2033 N12年度	2034 N13年度	2035 N14年度
事業全体の 資金需要		約170億円					量産売上より運転資金を捻出								
うち 研究開発投資		約110億円 (本助成対象額)													
国庫負担※ (助成事業)		約80億円													
自己負担		約90億円													

※インセンティブが全額支払われた場合

2. 研究開発計画

参考

モーターシステムの技術開発戦略



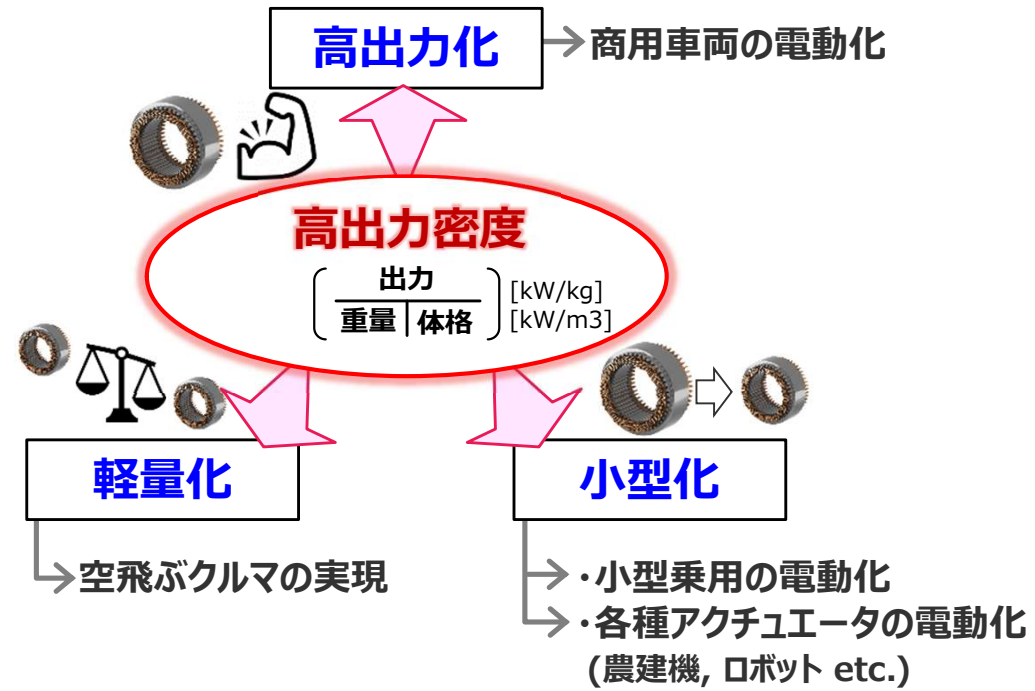
最も高い技術レベルが求められる空のモビリティで技術を革新 ⇒ 他のモビリティに広く展開していく

各種アプリケーションへの本モーターシステム技術の展開

開発すべき要素技術

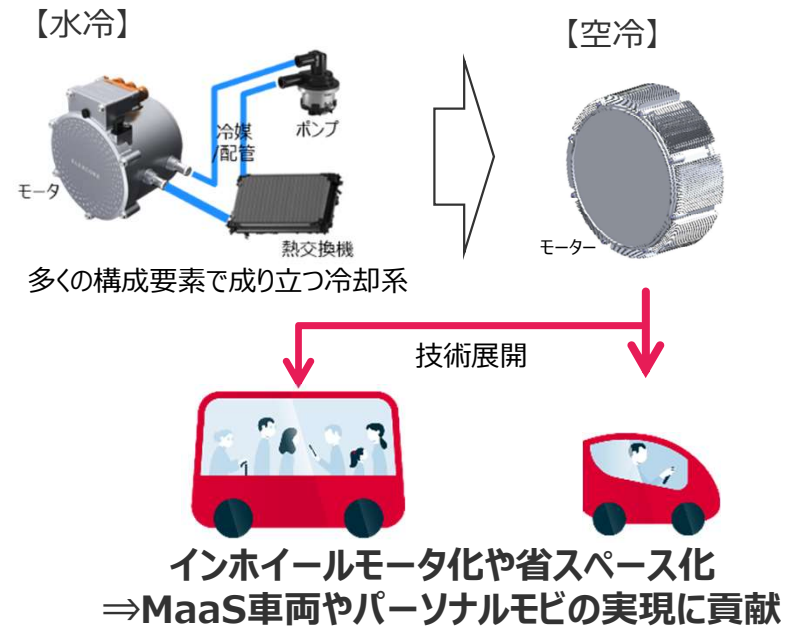
① 高出力密度化

⇒ 要求に合わせて “価値を置き換え”



② 空冷化

⇒ シンプルなシステム構成 & 小型化で “軽量化と搭載性を大きく向上”



空のモビリティで技術革新させる“**高出力密度化**”と“**空冷化**”により、
各種アプリケーションで求められる要求(高出力化, 軽量化, 小型化 etc.)を広く網羅可能なモーターシステムを構築する。

研究開発項目 1.

モーター単体の出力密度向上

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

モーター単体として出力密度向上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

1. モーター単体の出力密度向上		社会実装計画におけるモーター単体の出力密度目標である 8.0kW/kg を上回る ※モーター単体：ステータ・ロータ（コイル・磁石・コアを含む）	
研究開発内容		KPI	KPI設定の考え方
① 磁石起磁力の向上		磁気回路の出力密度が目標を達成することを実機で確認 (②との組み合わせで実現)	磁気回路部と構造部で目標を割り付け
② 磁石起磁力の向上		磁気回路の出力密度が目標を達成することを実機で確認 (①との組み合わせで実現)	磁気回路部と構造部で目標を割り付け
③ 電機子磁束の向上		コイル銅損が目標を達成することを実機で確認	銅損によるコイル発熱を低減
④ 電機子磁束の向上		コア鉄損が目標を達成することを実機で確認	鉄損によるコア発熱を低減

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 磁石起磁力の向上	磁気回路の出力密度が目標を達成することを実機で確認 (②との組み合わせで実現)	初期試作 (TRL4)	⇔ 商用実証 (TRL8)	➤ 磁気ギャップの拡大	90%
2 磁石起磁力の向上	磁気回路の出力密度が目標を達成することを実機で確認 (①との組み合わせで実現)	初期試作 (TRL4)	⇔ 商用実証 (TRL8)	➤ 磁石磁束の集中	80%
3 電機子磁束の向上	コイル銅損が目標を達成することを実機で確認	初期試作 (TRL4)	⇔ 商用実証 (TRL8)	➤ コイル銅損の低減	100%
4 電機子磁束の向上	コア鉄損が目標を達成することを実機で確認	初期試作 (TRL4)	⇔ 商用実証 (TRL8)	➤ コア鉄損の低減	100%

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

	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 磁石起磁力の向上	モータ単品にて目標出力密度を上回ることを試作品実機にて確認(23年1月)	>	磁気ギャップを拡大させたモータ単品を試作し、目標出力密度を上回る設計と実機検証	○ 計画どおり
2 磁石起磁力の向上	モータ単品にて目標出力密度を上回ることを試作品実機にて確認(23年1月)	>	磁石磁束を集中させたモータ単品を試作し、目標出力密度を上回る設計と実機検証	○ 計画どおり
3 電機子磁束の向上	コイル銅損が目標を達成可能なコイル線を織り込んだモータ単品試作品実機にて確認(23年1月)	>	コイル銅損を低減させたコイル線を織り込んだモータ単品を試作し、目標出力密度を上回る設計と実機検証	○ 計画どおり
4 電機子磁束の向上	コア鉄損が目標を達成可能な材料を織り込んだモータ単品試作品実機にて確認(23年1月)	>	コア鉄損を低減させた材料を織り込んだモータ単品を試作し、目標出力密度を上回る設計と実機検証	○ 計画どおり

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

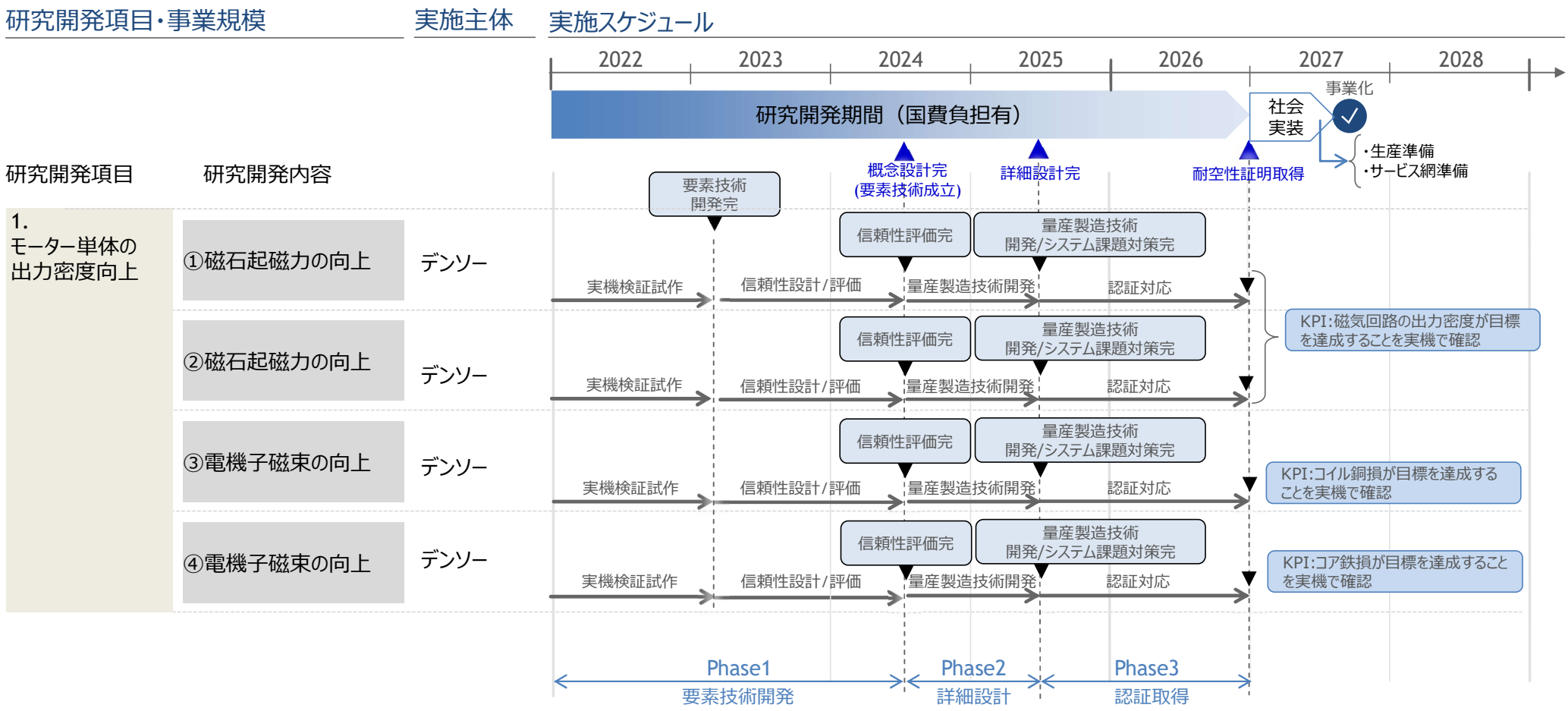
個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

	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 磁石起磁力の向上	モータ単品にて目標出力密度を上回ることを試作品実機にて確認(23年1月)	➤	量産組付け性と信頼性を考慮した構造設計にて目標出力密度を確保	量産工法案の検討は完了し、試作にて検証予定
2 磁石起磁力の向上	モータ単品にて目標出力密度を上回ることを試作品実機にて確認(23年1月)	➤	磁石磁束密度目標値を達成可能な試作をモータ単品試作へ織り込み検証	要素試作品は完了済。量産可能な工法の検討を開始中
3 電機子磁束の向上	コイル銅損が目標を達成可能なコイル線を織り込んだモータ単品試作品実機にて確認(23年1月)	➤	モータシステムにて目標出力密度を上回るため、更なるコイル銅損低減技術、工法の織り込みが必要	更なる損失低減となるコイルの設計、工法の計画立案を完了し、試作設計を開始中
4 電機子磁束の向上	コア鉄損が目標を達成可能な材料を織り込んだモータ単品試作品実機にて確認(23年1月)	➤	コア工法技術の確立	要素試作品は完了済。量産可能な工法の検討を開始中

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

研究開発項目①

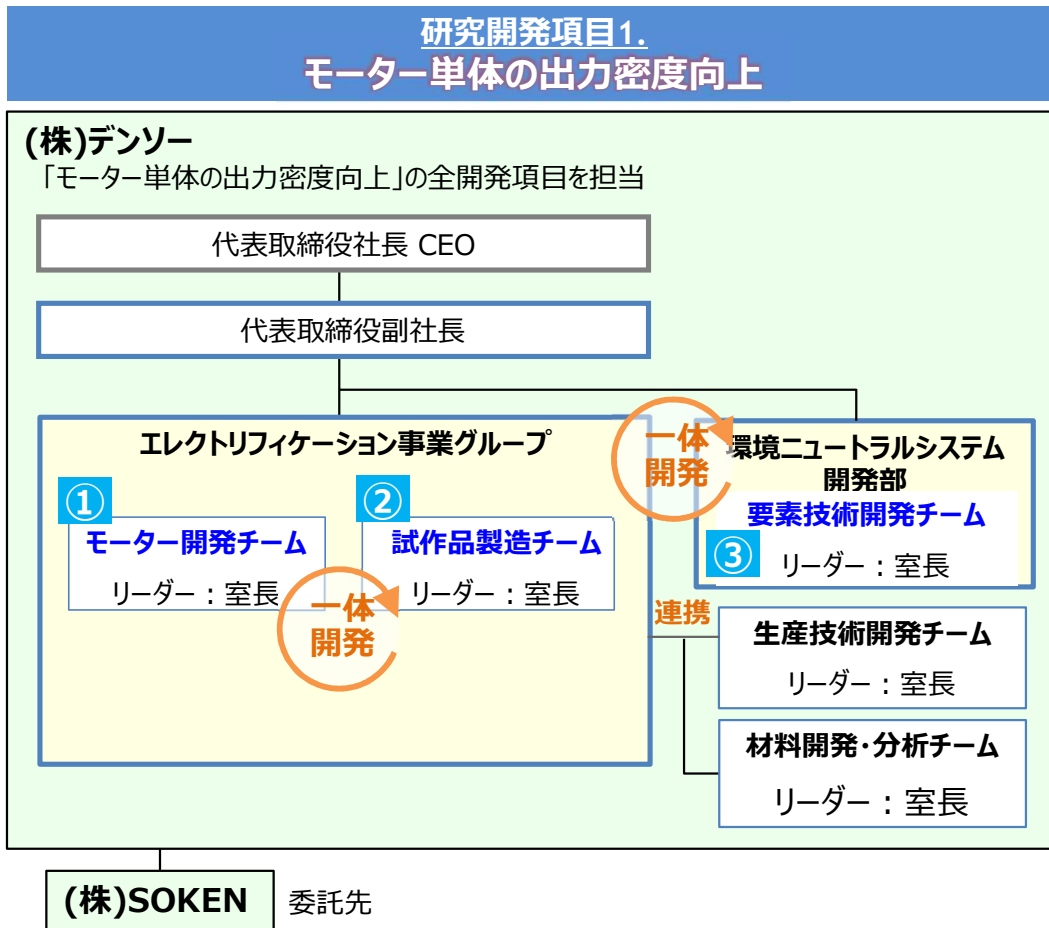
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

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社内に構築

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は、(株)デンソーが開発を担当する(一部業務はSOKENに委託)

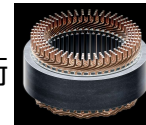
- ① モーター開発を担当
- ② モーターシステム構成品の試作製造を担当
- ③ モーターシステムの冷却技術開発を担当

研究開発における連携方法

- 一体組織としての部署間連携促進のため、本開発関係者を集めた開発エリアを用意し、開発課題共有と対策立案のタイムラグを無くしアジャイル開発を加速する。
- 各部門長を含めた全体定例会議(1回/週)で進捗管理,方向修正を確実に実施する。
- 要素開発を実施する全社組織とは実務レベルで常時連携し、開発を進めると共に、部門長層含めたステアリング会議(1回/月)にて開発をハンドリングする。

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. モーター単体の 出力密度向上	1 磁石起磁力の向上	- 自動車用MGで培った開発・設計・製造技術 - MG開発で培った高性能磁気回路設計技術	→ 【優位性】 - モーター単体の高出力密度化 - 従来の航空業界に無い、高品質・大量生産の実現 - 大量生産技術による低コスト化 - 社内で手掛ける各種電動モビリティへの技術展開によるカーボンニュートラル社会への幅広い貢献 【リスク】 - 大量生産技術(自動化技術)故の投資増大 ↓ 量変動に対応できる量試作一貫ラインを開発し対応する。
	2 磁石起磁力の向上		
	3 電機子磁束の向上	- 自動車用MGで培ったコイル量産技術 ※高占積率, 自動巻き線技術 - MG開発で培った低損失コイル技術 	
	4 電機子磁束の向上	- 自動車用MGで培ったコア量産技術 - MG開発で培った高磁束密度低鉄損コア材の使いこなし技術	
+ 自動車用モーターの量産実績			

21

研究開発項目2.

モーターシステムの出力密度向上

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

モーターシステムとして出力密度向上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

2. モーターシステムの出力密度向上	アウトプット目標	KPI	KPI設定の考え方
研究開発内容	社会実装計画におけるモーターシステムの出力密度目標である 3.0kW/kg を上回る ※モーターシステム：モーター＋インバーター（一体化構造含む）		
① 【モーター】 軽量構造体技術		構造体の重量が目標を達成することを実機で確認	磁気回路部と構造部で目標を割り付け
② 【モーター】 高放熱空冷技術		熱抵抗(最大発熱部)が目標を達成することを実機で確認	熱の均衡化と熱伝導向上で打ち取る
③ 【インバーター】 高出力空冷技術		・素子損失低減を実機確認 ・放熱面積拡大の効果を実機確認	損失低減と高範囲放熱で打ち取る
④ 【インバーター】 高周波数駆動技術		キャリア周波数を高周波化し実機で駆動成立を確認	コンデンサの静電容量を削減する

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 【モーター】 軽量構造体技術	構造体の重量が目標を達成することを実機で確認	初期試作 (TRL4)	⇔ 商用実証 (TRL8)	➤ • 高比強度材とローター構成の最適化	80%
2 【モーター】 高放熱空冷技術	熱抵抗(最大発熱部)が目標を達成することを実機で確認	初期試作 (TRL4)	⇔ 商用実証 (TRL8)	➤ • 低熱抵抗となる構成の最適化	80%
3 【インバーター】 高出力空冷技術	放熱面積拡大の効果を実機確認	初期試作 (TRL4)	⇔ 商用実証 (TRL8)	➤ • 低損失SiC素子の採用 • 小型モジュールの多パラ分散配置	80%
4 【インバーター】 高周波数駆動技術	実機で駆動成立を確認	初期試作 (TRL4)	⇔ 商用実証 (TRL8)	➤ • 高キャリア駆動技術	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

	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 【モーター】 軽量構造体技術	・構造体重量が目標達成するロータ要素試作品にて確認(23年3月)	➤	・ 高比強度材と高剛性なロータ構造体を要素試作し、目標重量を達成することを実機にて確認	○ 計画どおり
2 【モーター】 高放熱空冷技術	・熱抵抗が目標を達成する高放熱空冷構造をモータ単品試作品実機にて確認(23年1月)	➤	・ 低熱抵抗となる高放熱ステータ構造体を織り込んだモータ単品を試作し、目標出力密度を上回る設計と実機検証にて確認	○ 計画どおり
3 【インバーター】 高出力空冷技術	・低損失素子の分散配置構造を実機試作し熱成立性を検証（23年2月）	➤	・ 低損失SiCを分散配置したインバータASSYと冷却用の空冷ベンチを試作しインバータ動作評価を実施、想定条件で空冷によるSiCの熱成立を確認	○ 計画どおり
4 【インバーター】 高周波数駆動技術	・高周波駆動を実現する駆動回路の実機試作及び駆動評価完了（23年1月）	➤	・ SiCを高周波駆動できるテストピースを作成。実機評価にて想定駆動周波数でスイッチングできることを確認	○ 計画どおり

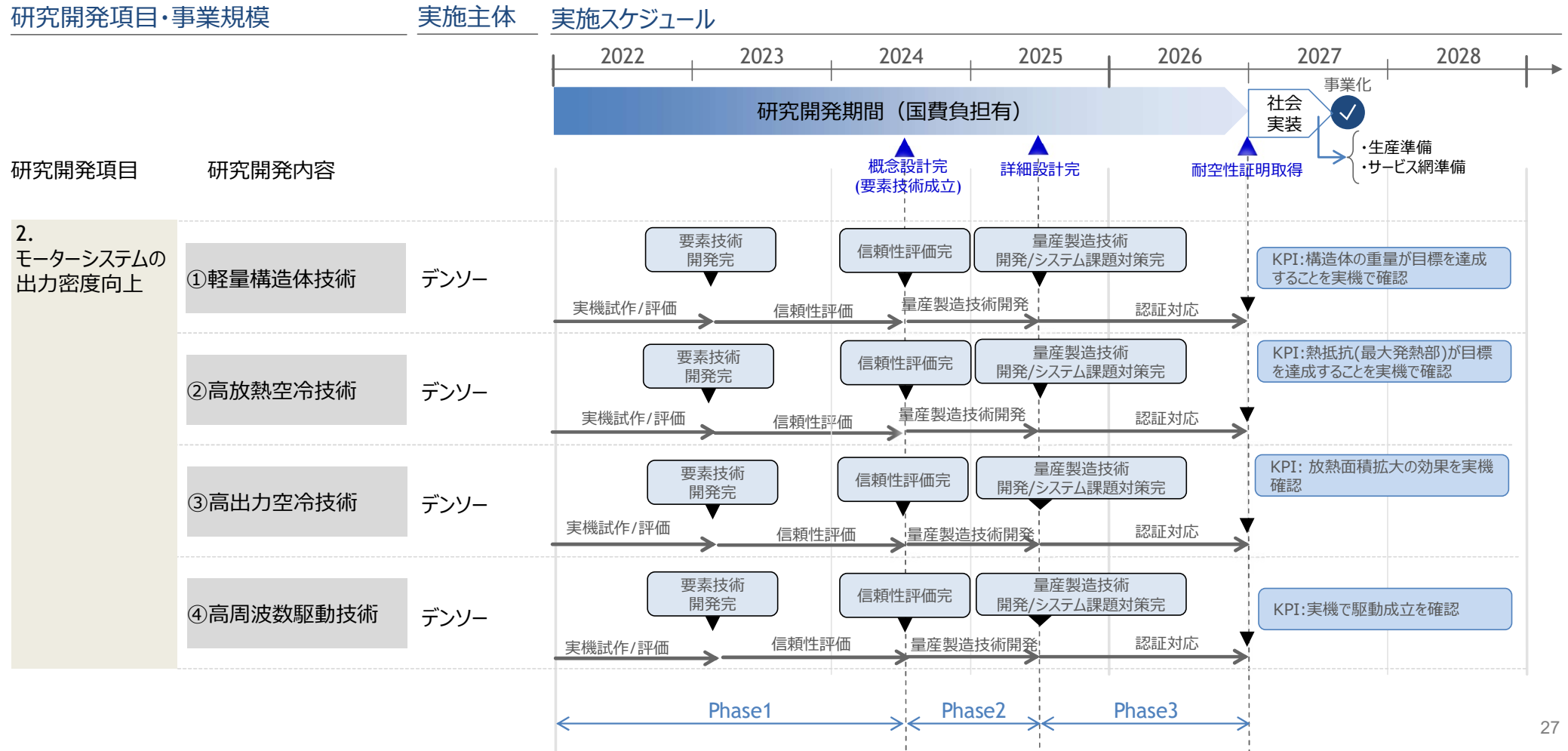
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

	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 【モーター】 軽量構造体技術	・ロータ要素にて構造体の重量が目標達成することと試作品にて確認(23年3月)	➤	・ 高剛性なロータ構造体をモータ単品へ織り込み実機にて検証	・ モータ織り込み時に想定されるストレス、環境に対して、要素レベルで事前に検証予定
2 【モーター】 高放熱空冷技術	・ 熱抵抗が目標を達成可能な高放熱空冷構造をモータ単品試作品実機にて確認(23年1月)	➤	・ モータシステムにて目標出力密度を上回るため、更なる高放熱技術の織り込みが必要	・ 更なる高放熱構造の設計し、部品を完了し、設計完了し検証予定
3 【インバーター】 高出力空冷技術	・ 低損失素子の分散配置構造を実機試作し熱熱成立性を検証（23年2月）	➤	・ 各SiCの熱抵抗に関して想定を超えるばらつきを確認	・ SiCの冷却部材のばらつきが原因と判明したため、次回試作に改善を反映予定
4 【インバーター】 高周波数駆動技術	・ 高周波駆動を実現する駆動回路の実機試作及び駆動評価完（23年1月）	➤	・ 高周波スイッチング時のデッドタイムが目標値を若干オーバーし、損失特性が悪化	・ 温度特性を考慮した基板部品を選定することでデッドタイム目標を達成見込み

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

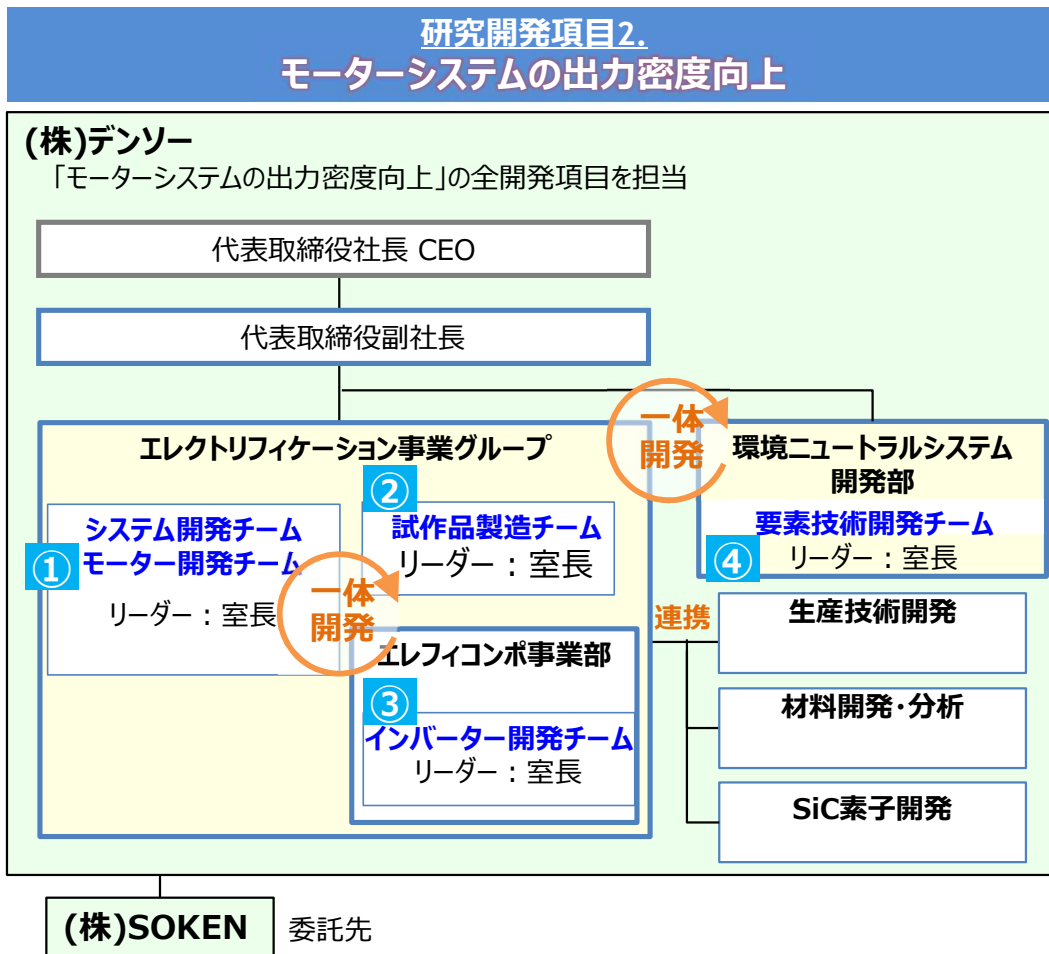
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

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社内に構築

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は(株)デンソーが開発を担当する(一部業務はSOKENに委託)

- ① 最適システム構成の開発、モーターの開発を担当
- ② モーターシステムの試作製造を担当
- ③ インバーター開発を担当
- ④ モーターシステムの冷却技術開発を担当

研究開発における連携方法

- 一体組織としての部署間連携促進のため、本開発関係者を集めた開発エリアを用意し、開発課題共有と対策立案のタイムラグを無くしアジャイル開発を加速する。
- 各部門長を含めた全体定例会議(1回/週)で進捗管理、方向修正を確実に実施する。
- 要素開発を実施する全社組織とは実務レベルで常時連携し、開発を進めると共に、部門長含めたステアリング会議(1回/月)にて開発をハンドリングする。

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. モーターシステムの 出力密度向上	1 軽量構造体 技術	自動車用MGで培った開発・設計・製造技術	→ - モーターアセンブリの高出力密度化 - 空冷モーターの実現（100kWクラス）
	2 高放熱空冷 技術	自動車用空調システムで培った開発・設計・製造技術 （ファン/フィン設計ノウハウ）	
	3 高出力空冷 技術	並列駆動技術	→ - 低損失素子 - 低インダクタンス接続技術
	4 高周波数駆動 技術	自動車用インバータで培った高周波駆動技術	→ 車載を超える高周波駆動
+ 自動車用インバータの量産実績 累積量産実績 2000万台以上			インバータアセンブリの高出力密度化 空冷インバータの実現(100kWクラス) - 従来の航空業界に無い、品質・大量生産の実現 - 大量生産技術による低コスト化

研究開発項目 3.

モーターシステムの効率向上

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

モーターシステムとして効率向上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	アウトプット目標	
3. モーターシステムの効率向上	社会実装計画におけるモーターシステムの平均効率である 85% を上回る ※モーターシステム：モーター＋インバーター	
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方
1 【モーター】 電機子磁束の向上	コイル銅損が目標を達成することを実機で確認	銅損によるコイル発熱を低減
2 【モーター】 電機子磁束の向上	コア鉄損が目標を達成することを実機で確認	鉄損によるコア発熱を低減
3 【インバーター】 低損失SiC素子	素子損失低減を実機確認	空冷で出力密度目標を達成する素子数での熱設計より
4 【インバーター】 低インダクタンス素子接続	低インダクタンス接続を実機確認	高キャリア周波数駆動を実現するための損失/サージ電圧目標より

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 【モーター】 電機子磁束の向上	コイル銅損が目標を達成することを実機で確認	初期試作 (TRL4)	商用実証 (TRL8)	銅損によるコイル発熱を低減	100%
2 【モーター】 電機子磁束の向上	コア鉄損が目標を達成することを実機で確認	初期試作 (TRL4)	商用実証 (TRL8)	鉄損によるコア発熱を低減	100%
3 【インバーター】 低損失SiC素子	素子損失低減を実機確認	初期試作 (TRL4)	商用実証 (TRL8)	内製低損失SiCを用いた高信頼性モジュール開発	80%
4 【インバーター】 低インダクタンス 素子接続	低インダクタンス接続を実機確認	初期試作 (TRL4)	商用実証 (TRL8)	低インダクタンスバスバ接続構造開発	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

	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 【モーター】 電機子磁束の向上	コイル銅損が目標を達成可能なコイル線を織り込んだモータ単品試作品実機にて確認(23年1月)	コイル銅損を低減させたコイルを織り込んだモータ単品を試作し、目標出力密度を上回る設計と実機検証にて確認	○ 計画どおり
2 【モーター】 電機子磁束の向上	コア鉄損が目標を達成可能な材料を織り込んだモータ単品試作品実機にて確認(23年1月)	コア鉄損を低減させた材料を織り込んだモータ単品を試作し、目標出力密度を上回る設計と実機検証にて確認	○ 計画どおり
3 【インバーター】 低損失SiC素子	・内製低損失SiC素子を封止したモジュールを試作し、競合を下回る損失を実測（23年1月）	低損失内製SiCを実装したSiCモジュールの試作を完了し、モジュールとして競合を下回る損失特性を実測完了	○ 計画どおり
4 【インバーター】 低インダクタンス素子接続	・低インダクタンスを可能にする接続部材の実機試作及びインダクタンス評価完（22年9月）	多パラのSiCを接続する接続部材を試作し、実機評価にて目標のインダクタンス性能を実測	○ 計画どおり

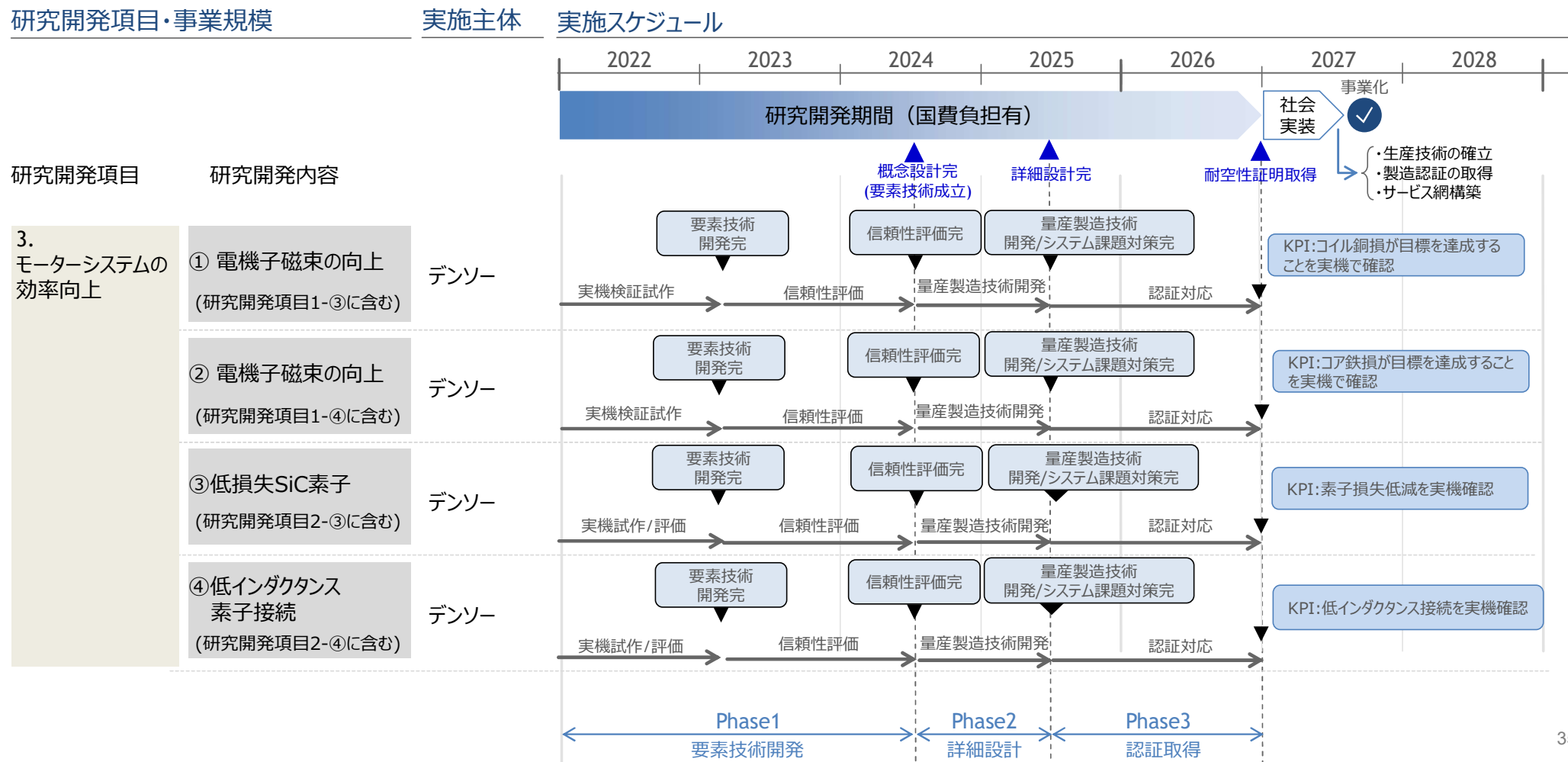
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

	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 【モーター】 電機子磁束の向上	コイル銅損が目標を達成可能なコイル線を織り込んだモータ単品試作品実機にて確認(23年1月)	➤	モータシステムにて目標出力密度を上回るため、更なるコイル銅損低減技術、工法の織り込みが必要	更なる損失低減となるコイルの設計、工法の計画立案を完了し、試作設計を開始中
2 【モーター】 電機子磁束の向上	コア鉄損が目標を達成可能な材料を織り込んだモータ単品試作品実機にて確認(23年1月)	➤	コア工法技術の確立	要素試作品は完了済。量産可能な工法の検討を開始中
3 【インバーター】 低損失SiC素子	内製低損失SiC素子を封止したモジュールを試作し、競合を下回る損失を実測（23年1月）	➤	モジュールの冷熱サイクル等の信頼性を確認し、目標を超える信頼性を実現できているか検証必要	モジュール単体レベルの信頼性評価をスタートさせており23年度に計画通り、評価完了予定
4 【インバーター】 低インダクタンス素子接続	低インダクタンスを可能にする接続部材の実機試作及びインダクタンス評価完（22年9月）	➤	低インダクタンス接続部材の冷熱サイクル・振動等の信頼性未確認	インバータASSY状態での信頼性試験を23年度に実施し耐冷熱/耐振動性能を検証予定

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

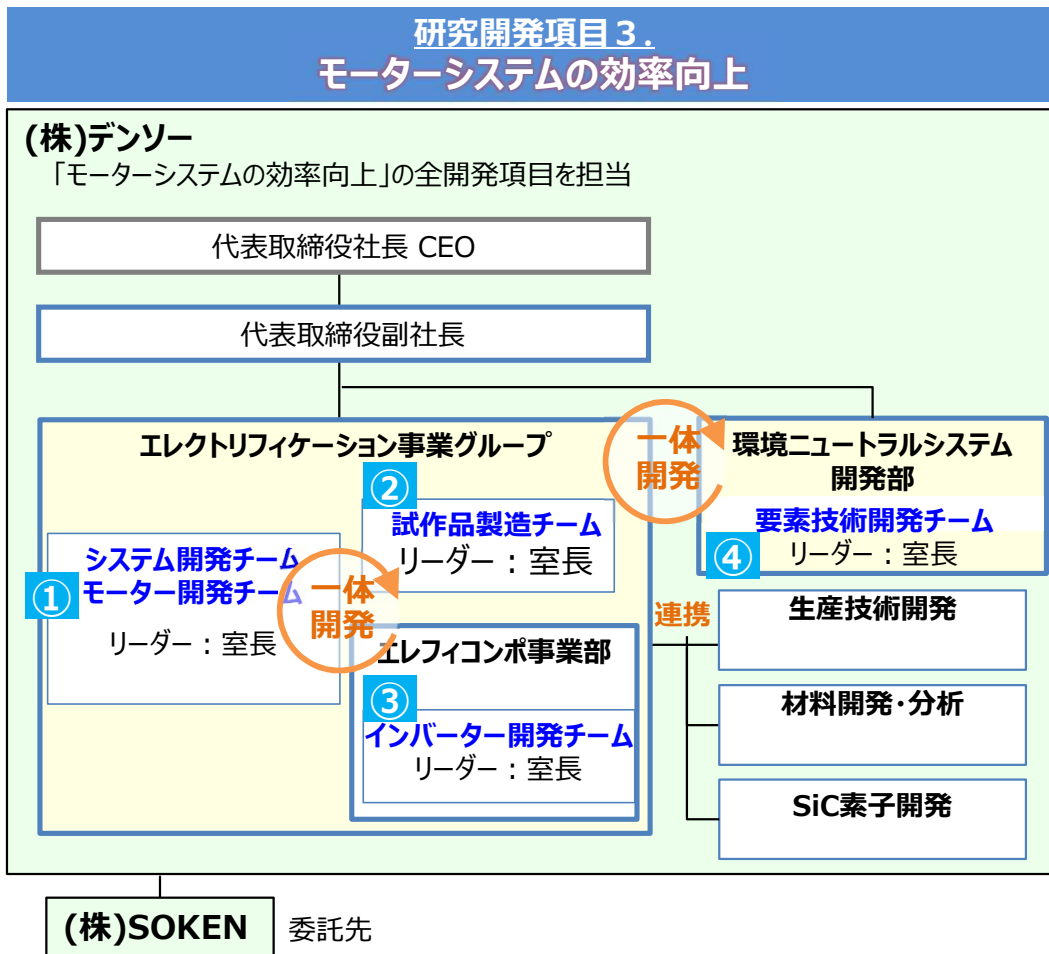
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

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社内に構築

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 3 は、(株)デンソーが開発を担当する(一部業務はSOKENに委託)

- ① 最適システム構成の開発、モーターの開発を担当
- ② モーターシステムの試作製造を担当
- ③ インバーター開発を担当
- ④ モーターシステムの冷却技術開発を担当

研究開発における連携方法

- 一体組織としての部署間連携促進のため、本開発関係者を集めた開発エリアを用意し、開発課題共有と対策立案のタイムラグを無くしアジャイル開発を加速する。
- 各部門長を含めた全体定例会議(1回/週)で進捗管理,方向修正を確実に実施する。
- 要素開発を実施する全社組織とは実務レベルで常時連携し、開発を進めると共に、部門長含めたステアリング会議(1回/月)にて開発をハンドリングする。

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
3. モーターシステムの 効率向上	1 コイル銅損低減	- 自動車用MGで培ったコイル量産技術 ※高占積率, 自動巻き線技術 - MG開発で培った低損失コイル技術	- 従来の航空業界に無い、高品質・大量生産の実現 - 自動車の生産技術活用による低コスト化 - 大量生産技術による低コスト化
	2 コア鉄損低減	- 自動車用MGで培ったコア量産技術 - MG開発で培った高磁束密度低鉄損コア材の使いこなし技術	
	3 低損失SiC素子	- 内製SiC素子 - 自動車用インバータで培った高信頼性パッケージ技術	競合を超える低損失素子性能
	4 低インダクタンス素子接続	- SiCの多パワ高速駆動のためのパラ間インダクタンス均一接続 - 自動車用インバータで培った低インダクタンスバスバー構造, 接続技術	競合を超える低インダクタンス性能



その他の目標項目

- ・価格又は生産性
- ・LCAの検証
- ・レアメタル・レアアースの使用量低減

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 価格	競合に対して競争力あるコスト実現	検討中	商業化までに目標コスト達成目途付け完	- 市場価格情報の収集・精査 - 自動車で培った量産技術の活用によりコストを抑えた上での航空品質確保	有 (90%) 多数のOEMと協議実施中
2 LCAの検証	商業化までにLCA検証完了(認証)	LCA検討中	LCA検証完了	- LCA算出規格に基づく検証 - 第3者機関による検証	有 (100%) 自動車に進めている会社の仕組みを活用
3 レアメタル・レアアースの使用量低減	電池容量の低減	自動車用電池	容量低減の検証完了 (現行自動車用モーターシステム比)	- 軽量化による必要エネルギーの低減 - 研究開発項目①②で実現 - 高効率化による必要エネルギーの低減 - 研究開発項目③で実現	有 (90%) モーターシステムの目標達成確率

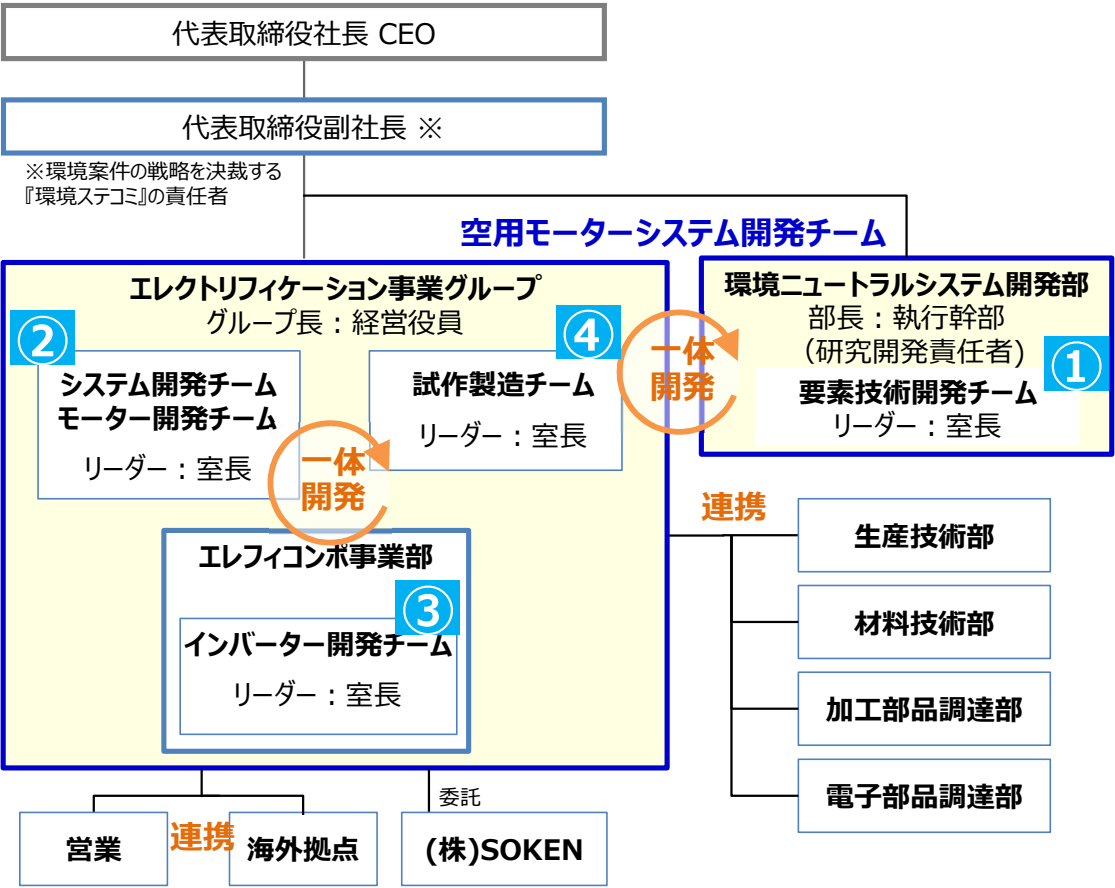
3. イノベーション推進体制

(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門

- 研究開発責任者
 - 執行幹部：空用モーターシステム開発のPJT責任者
- 担当チーム

- ① モーターシステムの冷却技術開発を担当
- ② 最適システム構成の開発、モーターの開発を担当
- ③ インバーター開発を担当
- ④ モーターシステムの試作製造を担当

部門間の連携方法

- エレクトリフィケーション事業グループ⇔環境ニュートラルシステム開発部
- エレクトリフィケーション事業グループ⇔生産技術部/材料技術部
加工部品調達部/電子部品調達部

以下、関係メンバー合同の定例会議を開催し、業務進捗・課題を共有

- 実務合同定例MTG(2回/week)
- 部門長合同報告(1回/week)

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

経営者等による環境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

- 会社トップが「2035年までにCO2排出ゼロ目指す」と報道機関を通じて対外的に宣言(2020年末)
- 公式会議体で中長期戦略と経営資源配分を経営層で協議。
- 事業投資：社内投資基準のIRR管理で適切な判断をしている

経営者等の評価・報酬への反映

- 弊社の役員報酬：①基本報酬と②業績連動報酬に区分。
- ①事業の進捗や業績への貢献を加味して決定
 - ②一部に株式連動を導入。中長期の価値向上や株主との価値共有を促している

事業の継続性確保の取組

- 会社理念「環境・安心」や長期ビジョンに基づいて事業戦略を構築している。
- 事業の方向性は、社内外取締役・経営役員などが出席する公式会議体で議論・決定している。
⇒上記踏まえ、経営層の変更においても、事業の継続性は保証される。
- 対外的には、会社としての35年カーボンニュートラルの宣言、TCFDへの賛同、CDPを通じての情報開示など環境への取り組みをコミットメントしている。

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

環境・空モビ事業を経営戦略の中核に位置づけ、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
 - 「環境・安心」を会社ビジョンとして掲げて、事業・製品ポートフォリオの入れ替えを推進

- 事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 事業戦略

公式会議体「戦略審議会」「年計審議会」で
中長期戦略と経営資源配分を経営層で協議。
'21.5.26「ダイアログデー」にて、社外にも戦略を発信。



https://www.denso.com/jp/ja/-/media/global/about-us/investors/business-briefing/2021-green_jp.pdf?rev=74f576ebe80f496ab3682e063128c446

- 研究開発計画
 - 年計審議会にて、事業戦略との整合性を確認。
(注力事業・脱力事業のバランス/妥当性を検討)

ステークホルダーに対する公表・説明

「環境戦略」と「財務戦略」の中で本事業を積極的に発信

- 統合報告書・WEBサイト
事業戦略の内容や進捗を開示。

【統合報告書】

<https://www.denso.com/jp/ja/-/media/global/about-us/investors/annual-report/2022/annual-report-doc-2022-viewing-ja.pdf?la=ja-jp&rev=5cc82e9c97574dac84fb9e5ab1f2d2468&hash=1FBB240EE7CD39F178092FEA8B41D60D>

- ダイアログデー
経営層が全社戦略を直接発信。

【ダイアログデー2022】

<https://www.denso.com/jp/ja/about-us/investors/business-briefing/>

- イベント展示、メディア向け説明会
環境事業ビジョン・取り組みを開示。

【人とくるまのテクノロジー展2022】

- ステークホルダーへの説明
 - 投資家：決算発表に加え、事業概況を対話。
 - 取引先：仕入先との対話の場で会社方針やCO₂排出量削減目標を共有。
カーボンニュートラルへの対策について意見を交換。



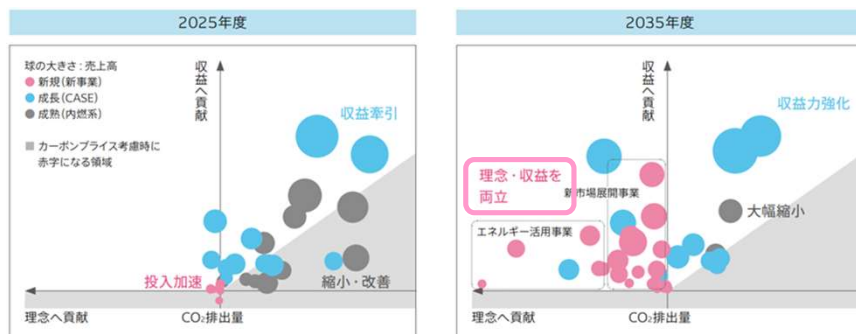
潜在顧客の需要喚起と要望収集を実施し、技術・事業計画に反映。

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

- 全社事業ポートフォリオにおける本事業への人材・設備・資金の投入方針
 - 事業ポートフォリオの入れ替え
「理念の実現、成長性、収益性(ROIC)」観点から事業ポートフォリオ入替え。
本事業を「理念・収益を両立」する事業と位置づけ、経営資源の投入を強化。



● 人材・設備・資金の投入方針

通常事業判断においては、社内の事業判断基準のハードルレートの達成可否を検証の上で、事業への投資可否判断するが、本件においては、事業化前の研究開発案件であり、社内の通常事業判断基準ではなく、GI基金の補助金を織り込んで「①事業化(社会実装)」と「②黒字化・投資回収」を目線において、弊社内の人材・設備・研開発費を投資する。事業化・市場投入を当面の目標に置き、研究開発進捗・市場動向を鑑みながら、年次毎に投入レベルを弾力的・柔軟に検討する。

専門部署、会社横断組織の設置

- 専門部署の設置
 - (1) 安全・品質・環境本部
事業環境の変化に合わせた自社の環境エネルギー戦略を立案、検証
 - (2) GI基金事業プロジェクトチーム
基金を活用した開発の適切な管理と運用をサポート
 - (3) エレクトリフィケーション事業グループと環境ニュートラルシステム開発部の一体開発体制
事業部/事業Grの枠を超え、全社が持つ電動化技術を集約させた一体開発組織として空の電動化開発を加速
- 社内横断連携
 - 営業Gr/生産技術開発センターとの連携
 - ① 技術開発
既存の自動車技術で培った基盤技術、製品量産ノウハウを活用
 - ② 営業活動
国内外のチャネルを活用した、ニーズ把握と連携の構築の先回り
 - 海外拠点との連携
本業界を牽引する海外OEMへの対応

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、事業黒字化の目途が立たない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
・当該技術の開発目標未達のリスク →社内開発節目管理の徹底 社内技術完成度評価を活用 網羅的かつ計画的な評価を行い、リスクを低減 →社内開発推進会議(進捗管理) ハード・ソフト・プロセス専門家、及び製造部門を 交え、リスク管理と課題に対する機動的な対応を図る 【目標未達の場合】 技術検証と並行して、研究開発の人員/設備投資の 強化等検討	・空飛ぶクルマの社会受容の大幅遅れ →投資ミニマムでの開発推進 研究段階からの標準品揃え戦略にて標準技術で 幅広い顧客に対応。 数量変更に対応できる生産設備開発にて、市場 構築に準じた投資が可能な環境を構築。	・自然災害(東南海地震想定)発生リスク ・研究開発設備/試作設備の破損 ・部品供給の途絶 等 →被害最小化対策 工場免震化、リスク設備への免震機器設置、 研究開発/試作設備耐震固定 等 →早期復旧対策 脆弱部品予備品常備、関連会社との 部品融通 →供給継続対策 震災在庫保管

- 事業中止の判断基準：
- 【開発視点】
 - ・開発の結果、大幅な目標未達が判明し、改善の余地が見込めないと判断した場合
- 【事業視点】
 - ・空飛ぶクルマの市場構築が見込めない等、'30年代前半までに投資回収の見込みが立たない場合