

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：②-3. 光に適合したチップ等の高性能化・省エネ化：不揮発メモリ開発

実施者名：日本ゼオン株式会社

代表名：代表取締役社長 田中 公章

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

IoTや5G/6G通信によるデジタル化の発展により半導体メモリ産業が益々拡大、消費電力削減が重要となると予想

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）

- IoTと5G/6G通信によるデジタル化加速
- 地球温暖化防止に向けたグリーン社会へ

（経済面）

- 国家安全保障および基盤産業としての半導体産業の発展
- データトラフィックの指数関数的増加（データセンター）による半導体メモリ産業の拡大

（政策面）

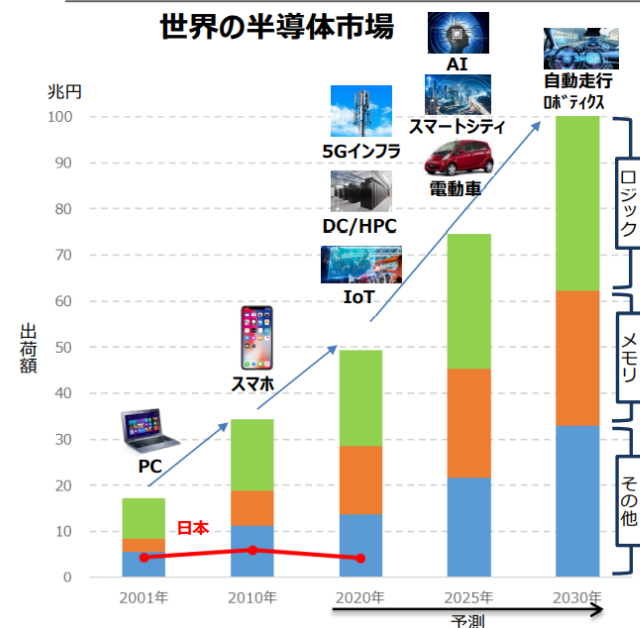
- 2050年カーボンニュートラル（グリーン成長戦略）
- デジタル化促進と産業の強化

（技術面）

- DRAM代替となる高速・大容量の不揮発性RAMは未開発
- 日本ゼオンのカーボンナノチューブ(CNT)を用いた高速不揮発性RAM (NRAM)でデータセンター等での半導体消費電力大幅低減、グリーン社会に貢献が期待される。

- 市場機会： DRAMを代替する高速・大容量RAMは市場規模が大きく、産業発展が期待でき、また社会の基盤産業。日本ゼオンが得意とするCNTの技術により、この市場を創出できる。

カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ



	市場規模 2018年	製品例	主要企業
ロジック (制御用)	21兆円	プロセッサ	intel tsmc
		GPU	QUALCOMM NVIDIA
		SoC	
メモリ (データ記憶用)	18兆円	DRAM	SAMSUNG SK hynix
		NAND	Micron KIOXIA
その他	15兆円	アナログLSI	Infineon SONY
		パワー半導体	ON Semiconductor
		イメージセンサ	MITSUBISHI ELECTRIC

（出典）Omdiaのデータを基に経済産業省作成

- 半導体は全産業における中核産業
- DRAMを不揮発メモリに代替することで、消費電力削減に貢献できる。

- 当該変化に対する経営ビジョン：高速・大容量不揮発RAMを実現できるCNT分散液を開発、事業化し、供給する。
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：日本半導体産業の強化と強固なデジタル化社会の基盤構築を実現

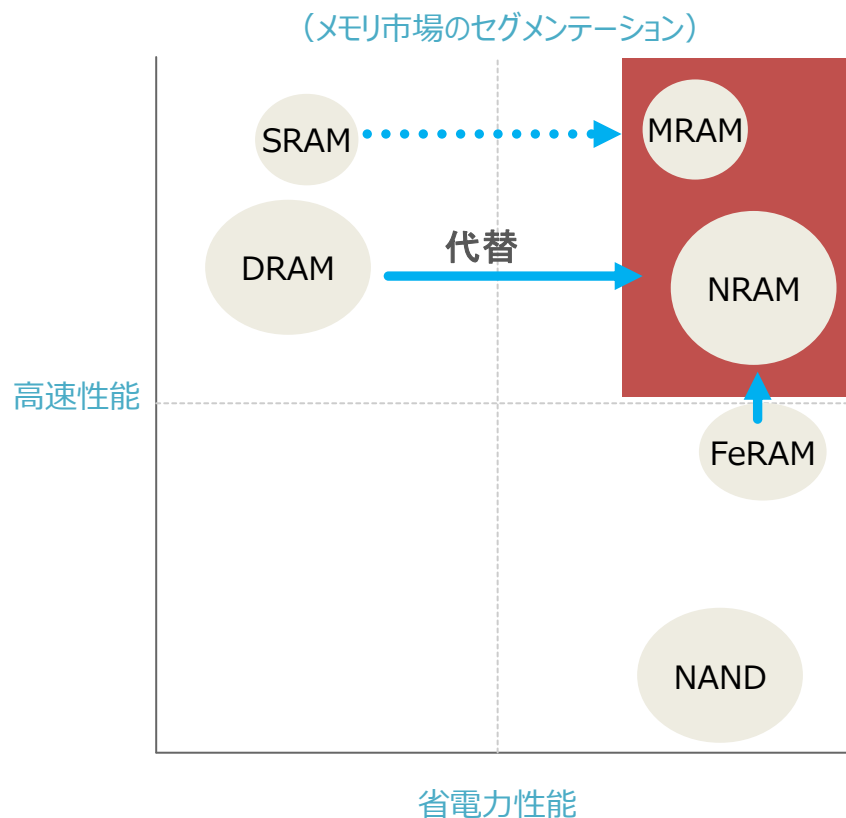
1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

半導体メモリ市場のうちDRAM代替をターゲットとして想定

DRAMはメインメモリとして市場が大きい一方、高消費電力が問題となっている。

セグメント分析

- ◆ NRAMは高速で不揮発性のため、DRAM代替の可能性
- ◆ ロジック組み込みメモリもターゲット
- ◆ 高性能ストレージもターゲット（一部NAND代替）



ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 2035年：DRAMの10%程度を代替する。（2022年DRAM市場規模：7兆円）
- 2026年：ロジック組み込みメモリ市場を創出

出典：Omdia、SEMI、TrendForce、(株)富士経済、グローバルネット(株)
各社決算資料のデータをもとに経済産業省作成

需要家	主なプレイヤー	消費量（2035年）	課題	想定ニーズ
ロジック組み込みメモリ	デバイスメーカー他	数億個 (数十kWf/M)	- 書き込み耐性等 - 信頼性	- 車載半導体 - スマートカード - FA - IoT機器等
汎用メインメモリ	メモリメーカー	数十億個 (数百kwf/m)	- 書き込み耐性等 - 信頼性 - ギガビット大容量化 (微細化、クロスポイント)	- PC - スマートフォン - データセンター (サーバー)

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

カーボンナノチューブ(CNT)関連技術を用いて高速不揮発メモリ実現に向けた革新材料を提供し、事業を創出/拡大

社会・顧客に対する提供価値

- 下記要求性能を満たす
NRAM用高品質CNT分散液の提供

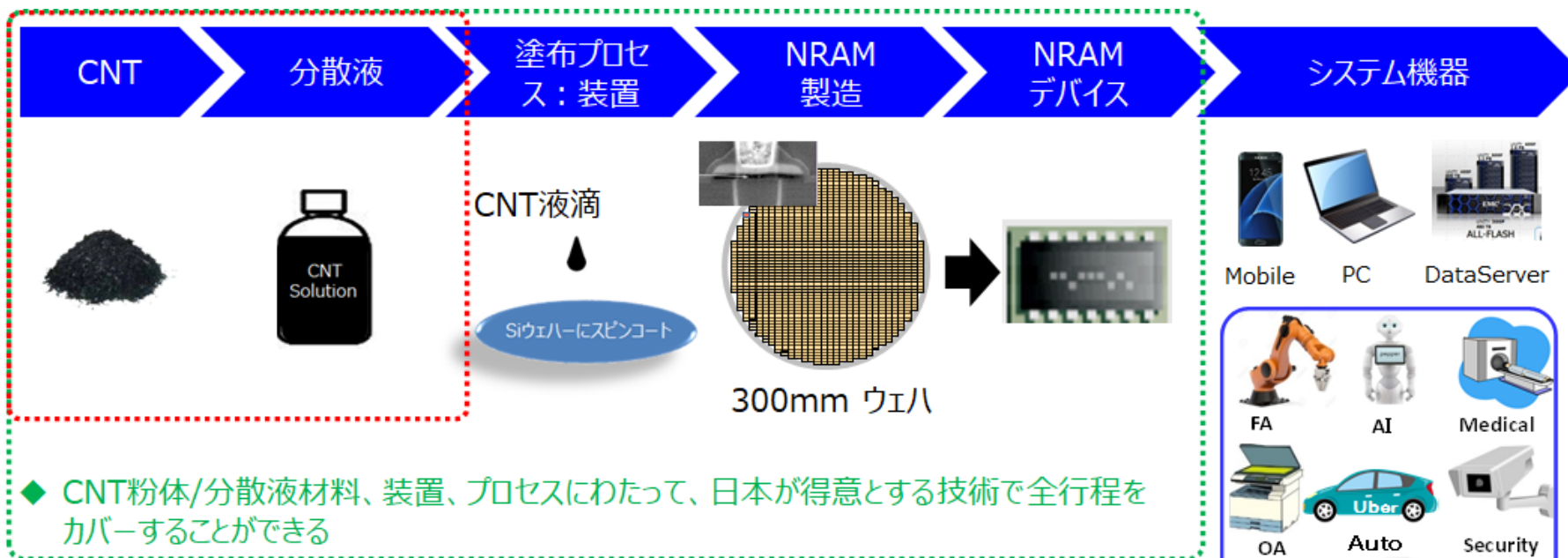
DRAMに比して消費電力60%削減可能で、大容量化やコストの面でDRAM代替が可能な、カーボンナノチューブ不揮発メモリ（NRAM）を開発する。

＜ターゲットとするメモリ＞

不揮発DRAM

高速ストレージクラスメモリ

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



◆ CNT粉体/分散液材料、装置、プロセスにわたって、日本が得意とする技術で全行程をカバーすることができる

【製品】 NRAM用CNT分散液

【サービス】 NRAM用CNT分散液、NRAMデバイス関連の評価技術の提供

【価値提供】 高性能メモリ実現 ⇒ 新事業創出、低環境負荷デバイスの実現

【収益化】 従来の価格交渉に“デバイス評価技術”も加えた取引や、新たな取引形態による事業/収益拡大

＜NRAMデバイス実現に求められる技術＞

- ✓ NRAMに好適なCNT構造、CNT分散液におけるCNT構造制御技術
- ✓ 品質管理技術
- ✓ NRAMの電気特性並びにメカニズム解明
- ✓ 300mmNRAM実装技術

1. 事業戦略・事業計画／（４）経営資源・ポジショニング

CNT合成/処理/制御技術、知財権を持ち合わせる強みを活かして、NRAM用CNTの製造からCNT分散液製造までのサプライチェーンを構築し、社会・顧客に対して環境負荷の低いメモリという価値を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- ギガビットクラス不揮発メモリを実現するためのCNT分散液



自社の強み

- スーパーグロースCNT(SGCNT)の優位的特性、SGCNT合成/製造技術、量産設備所有
- NRAM開発ベンチャーであるNantero社、産総研等社外機関とのパートナーシップ

自社の弱み及び対応

- 半導体顧客チャネル ⇒ 協業他社との協業
- 半導体の評価技術 ⇒ 広島大と協業

他社に対する比較優位性

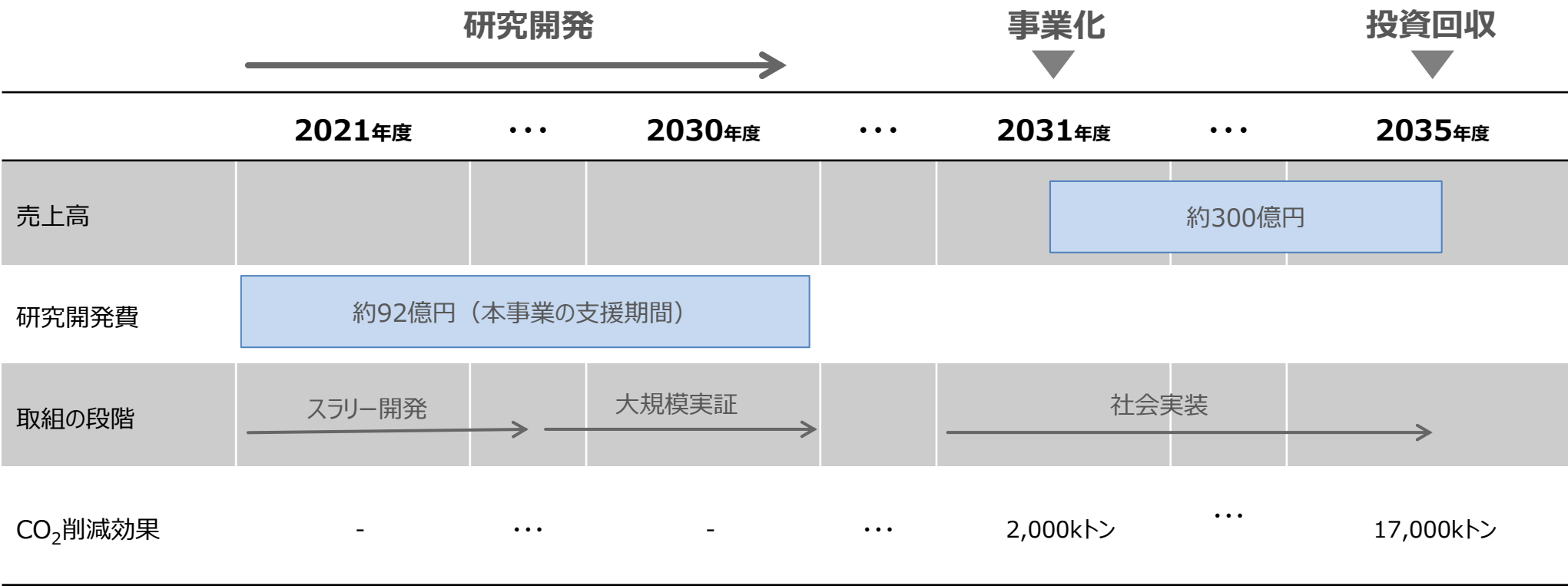
	技術	顧客基盤	バリューチェーン	その他
現状	標準分散液	デバイスメーカー	材料とデバイスは個別制御	メカニズム不明
対策	- CNT均質化 - 革新的分散液（CNT構造等）	- メモリメーカー - 海外顧客への横展開 - 標準化	- 材料とデバイスメーカー連携 - AIデータベースを用いた製造管理システム開発による新価値提供	- CNT動作挙動とスイッチングの関係明確化 - CNTネットワークモデル - NRAM限界の把握（微細化）

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、2035年頃の投資回収を想定

投資計画

- ✓ 本事業終了後も研究開発を継続し、DRAM代替可能なNRAMについて2031年頃の事業化を目指す。
- ✓ ロジック組み込みメモリ市場を創出しNRAMの実績を積み上げ、将来的にはDRAM市場での販売を図り事業を拡大する。



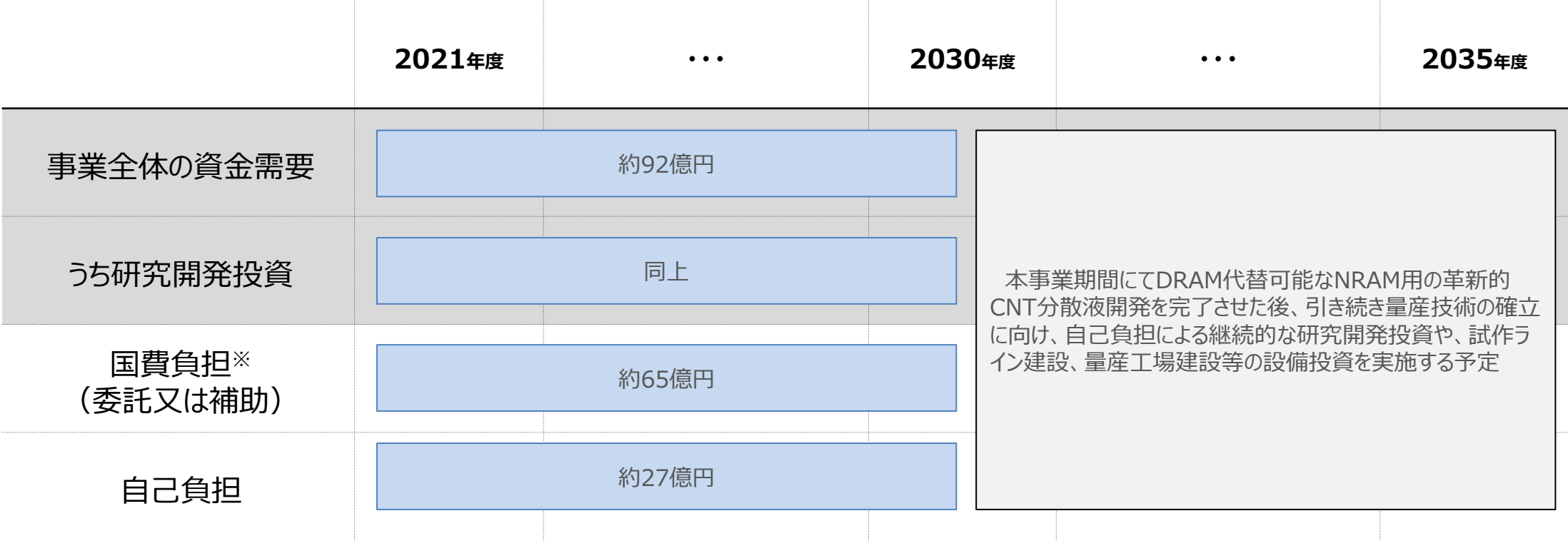
1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

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	- プロジェクト開始前に、Nantero社NRAM関連材料に関する知財権を取得済み。 - 材料～プロセス～デバイス特性までカバーしたAIデータベース解析システムを取り入れ、より迅速で精密な製造・品質制御を行う。 - 社内外の知識を横断的に収集するよう、組織横断的な研究体制を構築済み。 - 顧客ニーズの情報収集を事業部と連携して行い、事業計画へ活かす。 - 知財戦略に関しては、関連技術の特許化しつつ、類似技術の特許監視を強化し、社会実装の水路を確保する。	- 顧客での製品開発と量産準備をウォッチしつつ、以下の設備投資を計画 ① 試作設備投資 ② 本格量産工場建設投資	- 本助成金プログラムにおいて、顧客であるデバイスメーカーに参加頂き、デバイススペックおよび製品ロードマップをタイムリーに取り入れ、開発と製造準備にフィードバックする。 - 協業他社と協業し、国内外の顧客チャンネルを通してNRAMのマーケティングを推進する。
国際競争上の優位性	- 製造技術と知財権の両面で国際競争力を確保する。 - NRAM標準化の推進	- 開発途中でも、できるだけ早期に顧客でのデバイス試作に対応する。 - 投資判断を早めることで量産立上げが可能となり、海外競合の追従を難しくする。 - 開発中の関連技術の特許化することで、知財権の面でも圧倒的な優位性を確保できる。	- DRAM代替可能な技術を構築することにより、日本半導体産業を早期に再興できる。 - 日本の優勢を確保しながら、NRAMデバイスを世界中に拡販推進できる。 - NRAM標準化によるデファクト化

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、約27億円規模の自己負担を予定



※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

DRAMに比して消費電力60%削減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	
1. ②－3：光に適したチップ等の高性能化・省エネ化：不揮発メモリ開発		DRAMに比して消費電力60%削減可能で、大容量化やコストの面でDRAM代替が可能な、カーボンナノチューブ不揮発メモリ（NRAM）を開発する。	
研究開発内容		KPI	KPI設定の考え方
1 300ミリNRAMデバイス開発		①書き換え速度 ②状態保持性 ③書き換え耐性	NRAMで不揮発DRAMと高速ストレージクラスメモリを社会実装し、アウトプット目標を達成するための性能指標
2 NRAM革新的CNT分散液開発		④CNT分散液構造・組成制御数 ⑤300ミリNRAM用ファブCNT分散液数	NRAM用CNT分散液の構造と組成を、NRAM用に最適化した後に、300ミリNRAMデバイスに実装するための指標
3 NRAMテストデバイス開発		⑥動作ビット ⑦300ミリNRAMデバイスとの整合性	アレイ型で300ミリNRAMと整合性が高いテストデバイスを開発し、CNT分散液開発と速やかな300ミリ移行を可能にするための指標
4 NRAM評価解析技術開発		⑧動作機構と構造の評価技術の開発数 ⑨NRAMデバイス解析数	スイッチング要素を同定し、その分布をナノスケールで評価することでNRAM最適構造を解明するための指標

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

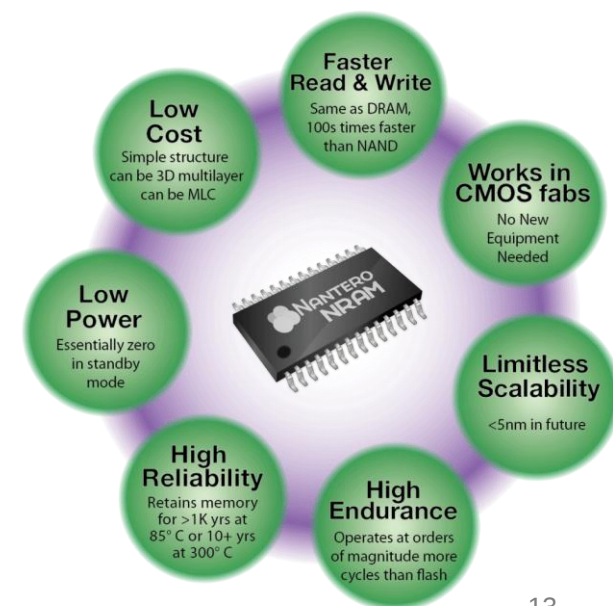
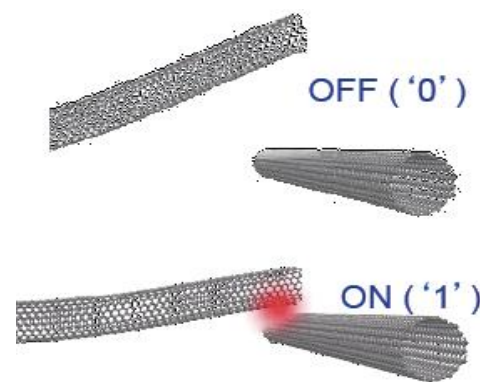
各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性
1 • 300ミリNRAMデバイス開発	①書き換え速度 ②状態保持性 ③書き換え耐性	DRAM代替不可	DRAM代替可能な性能	• NRAMの動作原理を明らかにして最適構造を実装した革新的CNT分散液を開発し300ミリNRAMデバイスに実装することで、DRAMを代替する不揮発メモリを開発する。	最適構造が目標性能を満たさない可能性がある。
2 • NRAM用CNT分散液開発	④CNT分散液構造・組成制御数 ⑤300ミリNRAM用ファブスリ数	ほぼなし	300mm実装可能	• 産総研のCNTの分散技術を活用して様々なCNT分散液を開発。セントラルラボで日本ゼオン（協力会社協力）が製造をスケールアップし300ミリに実装する。	日本ゼオン・産総研の基盤技術活用により実現可能
3 • NRAMテストデバイス開発	⑥動作ビット数 ⑦300ミリNRAMデバイスとの整合性	ほぼなし	300mm整合性達成	• 6インチウエハの上に、日本ゼオン・産総研がセントラルラボでテストデバイスを製造し、広島大学、デバイスメーカーの技術を用いて電気特性を評価する。	参画機関が十分な実績・技術を有している。
4 • NRAM評価解析技術開発	⑦動作機構と構造の評価技術の開発数 ⑧NRAMデバイス解析数	NRAMデバイス解析数1/月	NRAMデバイス解析数4/月	• 産総研が有するCNTの評価技術をNRAM膜、CNT分散液、デバイス用に展開する。	産総研が十分な評価技術と実績を有している。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

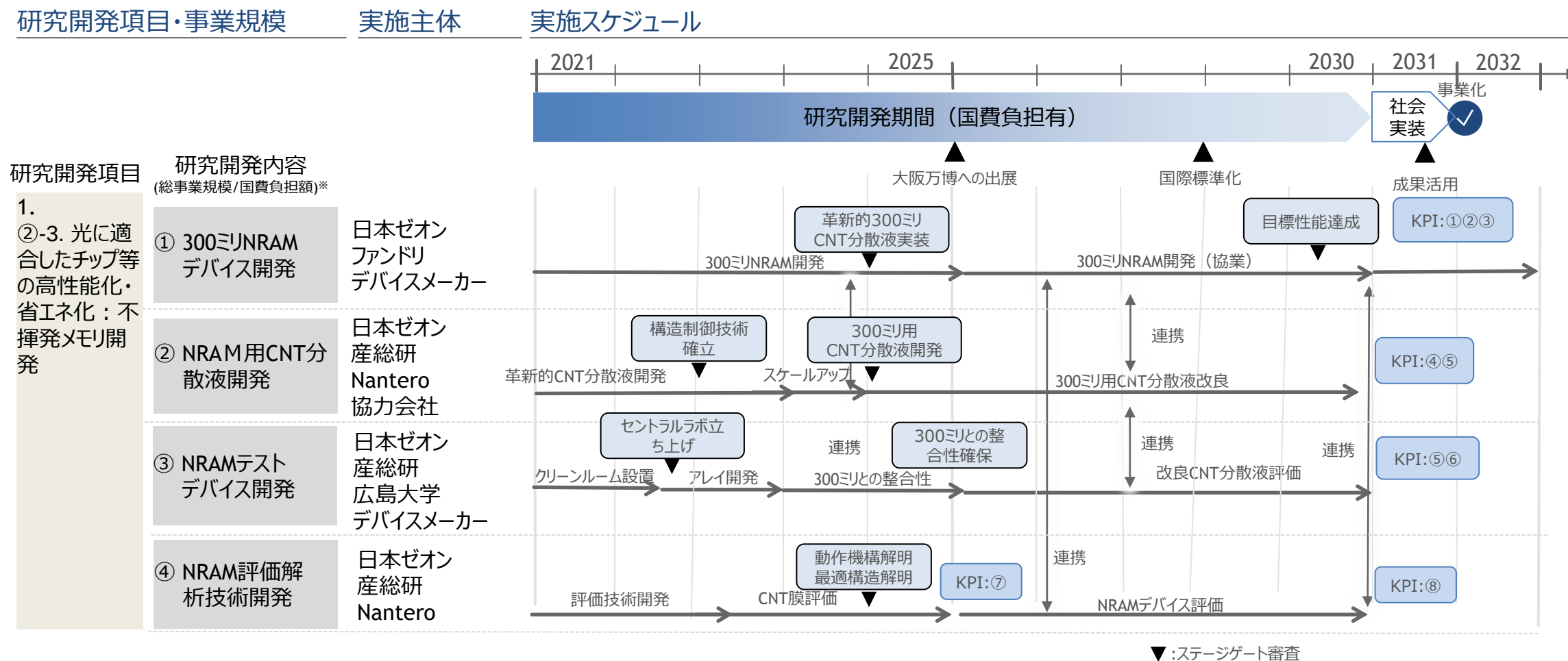
高速不揮発性メモリNRAMの紹介

- ◆ NRAM: 米国Nantero社が開発した単層カーボンナノチューブ(CNT)を用いた抵抗変化型ランダムアクセスメモリ
- ◆ DRAMに匹敵する高速動作特性とNANDフラッシュ同様の不揮発性を兼備し、大容量・低コスト化が容易。最強の新世代メインメモリ
- ◆ 信頼性（高温保持特性、繰り返し耐性、宇宙線耐性）を確認済
- ◆ CNTの役割：電圧印加によりCNT同士が接触、電圧切っても状態保持（ON）
逆電圧で非接触に戻る(OFF)



2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

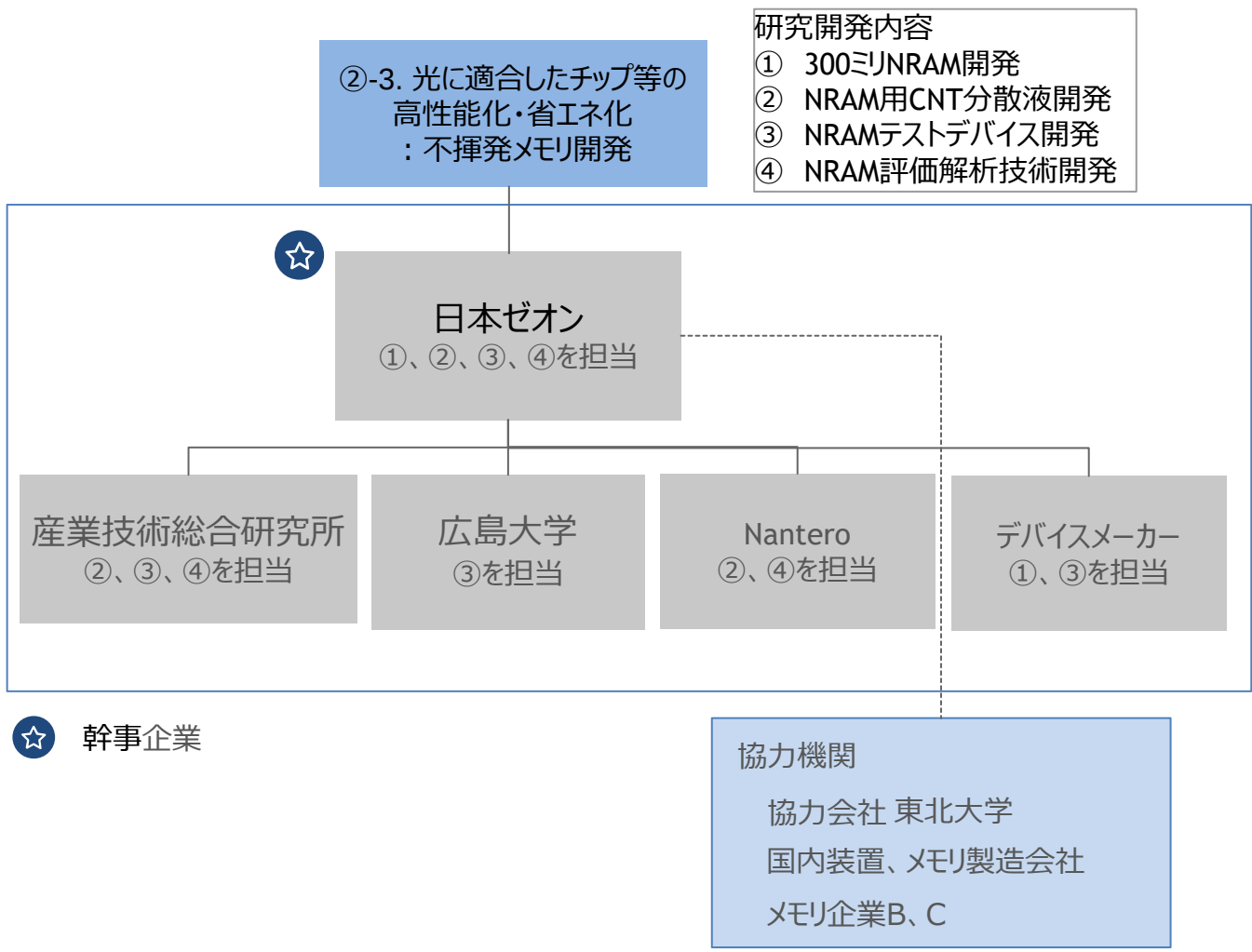
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



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構築

実施体制図 ※金額は、総事業費/国費負担額



各主体の役割と連携方法

- ・研究開発項目②－３全体の取りまとめは、幹事企業の日本ゼオン社が行う。
- ・日本ゼオンは研究開発内容①、②、③、④を担当する。

委託先の役割

- ・産総研は、研究開発内容②、③、④を担当する。
- ・広島大学は、研究開発内容③を担当する。
- ・Nanteroは、研究開発内容②、④を担当する。
- ・デバイスメーカーは、研究開発内容①、③の一部を担当する。

協力機関の役割

- ・協力会社は研究開発内容①、②の技術情報交換、必要に応じてCNT分散液の製造（製造受託）を行う。
- ・東北大学は協力機関として研究開発内容③の技術情報交換を行う。
- ・300mウエハデバイス製造会社は協力機関として研究開発内容①の技術情報交換、必要に応じてNRAMデバイス試作（製造受託）を行う。
- ・メモリ製造会社は協力機関として実用化に向けた議論を行う。
- ・メモリ企業は協力機関として実用化に向けた議論を行う。
- ・国内装置会社は協力機関として実用化に向けた議論を行う。

共同提案者以外の本プロジェクトにおける他実施者等との連携

- ・定期的進捗報告会、共有データベース、研究開発内容ごとの連絡会議で全参画機関が一体となって研究開発に取り組む。

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. ②-3. 光に適合したチップ等の高性能化・省エネ化：不揮発メモリ開発	1 300ミリNRAMデバイス開発	- 日本ゼオン/協力会社/Nanteroの300ミリNRAM用CNT分散液製造技術 - デバイスメーカーの回路設計技術	→ - 世界唯一のNRAM用CNT分散液製造技術 → - 世界唯一のNRAM用回路設計技術
	2 NRAM用CNT分散液開発	- 日本ゼオンのCNT製造技術 - 産総研のCNTの分散・成膜技術 - 日本ゼオン、NanteroのNRAM用CNT分散液開発技術	→ - 世界唯一の低電圧駆動が可能なCNT製造技術 → - 世界トップレベルの多種多様なCNTの分散・成膜技術 → - 世界唯一のNRAM用CNT分散液製造技術
	3 NRAMテストデバイス開発	- デバイスメーカーの回路設計技術 - 広島大学のデバイス評価技術	→ - 世界唯一のNRAMの回路設計技術 → - 世界トップレベルのデバイス評価技術
	4 NRAM評価解析技術開発	産総研におけるCNT評価技術・第一原理計算によるモデリング技術・画像解析AI技術	→ 世界トップレベルのCNTの評価技術

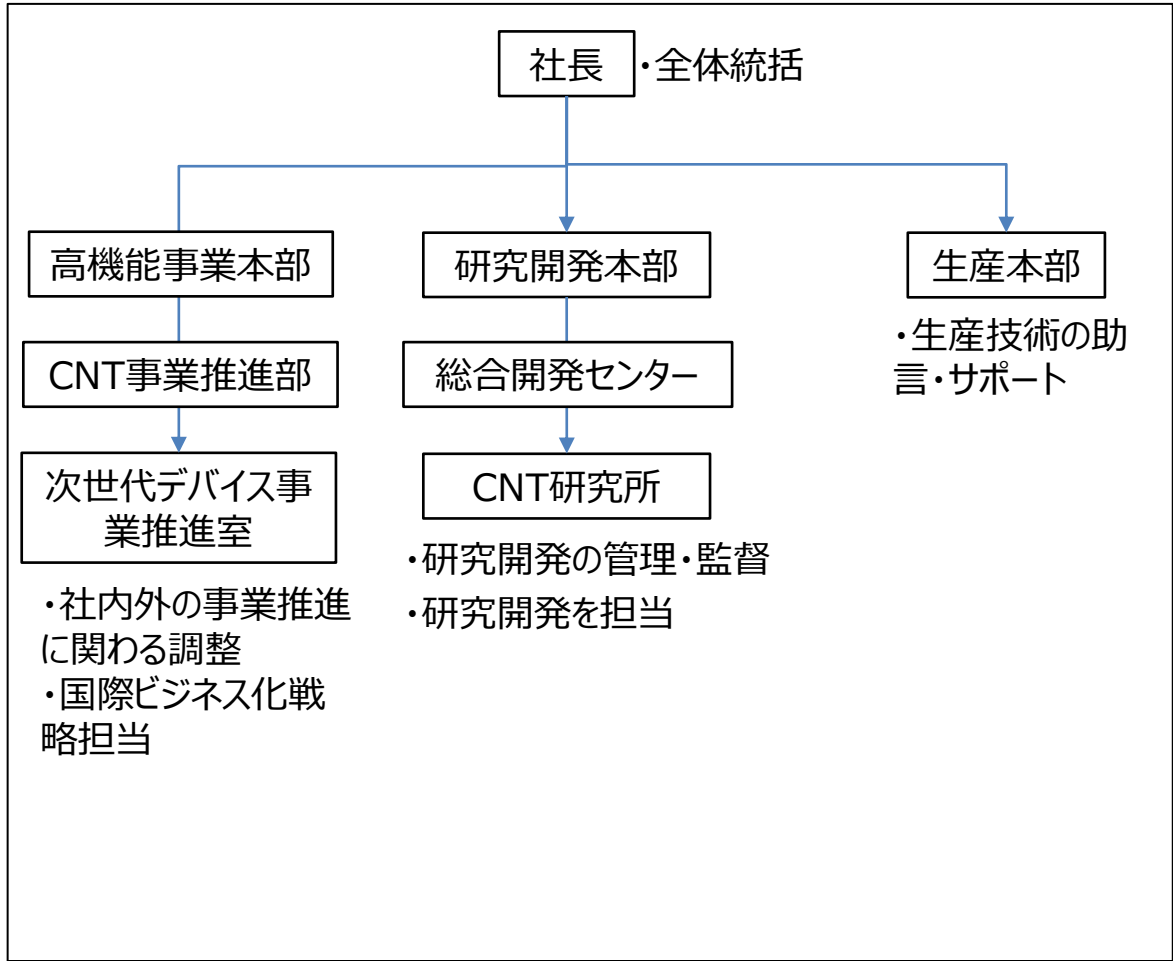
3. イノベーション推進体制

(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
 - CNT事業推進部 事業推進部長
兼 総合開発センター CNT研究所 研究員
- 国際ビジネス化戦略担当者
 - CNT事業推進部 次世代デバイス事業推進室
事業推進グループ G長
- 担当チーム
 - CNT研究所
次世代デバイス開発チーム
- チーム（テーマ）リーダー
 - 研究開発内容①：次世代デバイス開発チーム研究員
 - 研究開発内容②：次世代デバイス開発チーム研究員
 - 研究開発内容③：次世代デバイス開発チーム研究員
 - 研究開発内容④：次世代デバイス開発チーム研究員

部門間の連携方法

- CNT事業推進部と連携し、社内事業推進に係る調整を行う
- 月例会議での情報交換、フォロー
- 生産本部と連携し、ベンチ・パイロットの建設から参画

3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

経営者等による本事業への関与の方針

◆経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ
 - TCFD提言への賛同を表明済み、2020年8月13日付。出典：[プレスリリース](#)
 - 2030年にCO2排出量削減目標を2019年度第二回CSR会議にて確認した。
 - 2030年に目指す姿として、「持続可能な社会に貢献し続ける」こと、重点課題としてカーボンニュートラルの技術確立は全社を挙げて取組むこと、を掲げ社内に示した。
 - 上記施策は、非線形な試行錯誤を奨励すべく「まずやってみる2年間」とした。
- 事業のモニタリング・管理
 - TCFD提言、カーボンニュートラル対応について、外部から意見を取り入れている。

◆経営者等の評価・報酬への反映

- 社内取締役の役員報酬の一部として主に中期経営計画に対する進捗度等を評価指標とする個人業績反映する方針を採っており、中期経営計画の全社戦略進捗が経営者報酬に反映される。
方針出典：[コーポレートガバナンス基本方針](#)第5章7.

◆事業の継続性確保の取組

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

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

3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

経営戦略の中核において本事業を位置づけ、広く情報発信

◆社内_取締役会等での議論

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
 - 2021-2022年度 新中期経営計画 を経営チームで議論を重ね、全社戦略の1番として「カーボンニュートラルとサーキュラーエコミーを実現する「ものづくり」への転換を推進する」ことを決議
 - 取締役会で上記新中期経営計画を議論、決議
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 2030年に目指す姿として、「持続可能な社会に貢献し続ける」こと、重点課題としてカーボンニュートラルの技術確立は全社を挙げて取り組むこと、を掲げ社内に示した。
 - 2021年4月、NRAM事業を推進するために、「次世代デバイス事業推進室」を経営企画統括部門下に新設した。
 - 2021年6月、NanteroからNRAM材料に関する知財権購入を常務会で決議
 - 2021年7月、CNT事業推進を加速させるために、「CNT事業推進部」を高機能事業本部下に新設した。
 - グリーイノベーション基金への本事業の応募を決議
- 決議事項と研究開発計画の関係
 - 2021年度研究テーマとしてカーボンニュートラル関連を決議

◆社外_ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - 2021-2022年度 新中期経営計画 説明会にて全社戦略を開示
出典：[2021年4月28日決算説明会 新中計説明資料](#)
 - 採択された場合に本事業を对外公表予定
- ステークホルダーへの説明
 - TCFD提言に賛同済み。出典：[プレスリリース](#)
 - 本事業の進捗・見通し等を、投資家やマスコミを中心に広くステークホルダーに、年2回の中計説明会にて説明予定

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
 - 2021-2022年度 新中期経営計画 にて、2030年度までの新規投資を計画
- 人材・設備・資金の投入方針
 - 2021-2022年度 新中期経営計画 にて、全社戦略の第一項目として2050年カーボンニュートラル対応を掲げている。

◆専門部署の設置

- 専門部署の設置
 - 2021年4月、NRAM事業を推進するために、「次世代デバイス事業推進室」を経営企画統括部門下に新設した。
 - 2021年7月、CNT事業推進を加速させるために、「CNT事業推進部」を高機能事業本部下に新設した。
- 若手人材の育成
 - 若手研究員に当社シーズを新事業化するまで支援する機会を与え、育成中
 - アカデミア及びスタートアップ企業との協業を検討中

4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、本技術の優位性が低下した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
● 設定したKPIの目標未達 → 外部有識者等のヒアリング等を実施し、弾力的に研究施策を追加して、達成を追求する。プロセス方法に関しても、外部機関を活用して課題を早期に解決するように進める。 ● 知財に関する問題 → 特許を定期的に監視し、問題になりそうな特許は早期に対処するようにする。また、開発した技術は排他的に活用できるよう特許網を構築する。 ● 他方式の不揮発メモリの台頭 → 低電圧、高速動作可能な不揮発メモリの標準化	● 不況等に実装減退リスク → 景気変動リスク対策が、長期的視野にたって有意義であることを訴求し、事業の存在意義を高めていく。 ● 他方式の不揮発メモリの台頭 → 低電圧、高速動作可能な不揮発メモリの標準化	● 徳山/高岡コンビナート被災によるリスク → 他地点での実用化を検討する。 ● 研究拠点の被災 → 川崎/徳山/米沢にある研究拠点を活用する。
▼ ● 事業中止の判断基準： ・KPIに定めた目標が達成できなく、かつ今後解決の方策が認められない場合 ・経営環境の悪化等により、資金面から事業遂行上推進が不可能と経営が判断した場合 ・他社との優位性（知財、技術、顧客）が失われ、市場から撤退すると経営が判断した場合		