

ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業  
(複数課題プログラム)

中間評価  
評価用資料

2022年 11月 30日

経済産業省 情報産業課

## 目 次

第1章 「複数課題プログラム」の概要	2
1. 本事業の政策的位置付け/背景	4
2. 当省（国）が実施することの必要性	5
3. 複数課題プログラムの内容	5
4. 複数課題プログラムの実施・マネジメント体制等	6
5. 事業アウトプット	12
6. 事業アウトカム	12
7. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ	13
8. 費用対効果	13
9. 前回評価の指摘事項と対応状況	15
第2章 複数課題プログラムを構成する「研究開発課題（プロジェクト）」の概要	17
A ポスト5G情報通信システムの開発	18
B 先端半導体製造技術の開発	68

# 第 1 章 「複数課題プログラム」の概要

(複数課題プログラムの目的等)

プログラム名	ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業				
上位施策名	○安心と成長の未来を拓く総合経済対策（令和元年12月5日閣議決定） ○半導体・デジタル産業戦略（令和3年6月策定）				
担当課室	商務情報政策局 情報産業課				
目的	<p>第4世代移動通信システム（4G）と比べてより高度な第5世代移動通信システム（5G）は、現在各国で商用サービスが始まりつつあるが、さらに超低遅延や多数同時接続といった機能が強化された5G（以下、「ポスト5G」）は、今後、工場や自動車といった多様な産業用途への活用が見込まれており、我が国の競争力の核となり得る技術と期待される。</p> <p>ポスト5Gに対応した情報通信システム（以下、「ポスト5G情報通信システム」）の中核となる技術を開発することで、我が国のポスト5G情報通信システムの開発・製造基盤強化を目指す。</p> <p>具体的には、ポスト5G情報通信システムや当該システムで用いられる半導体等の関連技術を開発するとともに、ポスト5Gで必要となる先端的な半導体を将来的に国内で製造できる技術を確保するため、先端半導体の製造技術の開発に取り組む。</p>				
類型	複数課題プログラム / 研究開発課題（プロジェクト） / 研究資金制度				
実施時期	2020年度～終了未定				
評価時期	事前評価：2019年度、2021年度 中間評価：2022年度 終了時評価：未定				
執行額 (百万円)	2020年度	2021年度	2022年度 (見込み)	総執行額 (2020年度～ 2022年度見込み)	総予算額 (2020年度～ 終了)
	15,212	42,890	128,651	186,753	200,000 (管理費含む) ※令和2年度補 正予算まで

## 1. 本事業の政策的位置付け/背景

### (1) 本プログラムの政策的な位置付け

我が国は、普及が始まりつつあるモバイル用途の「大容量通信」を可能とする5G情報通信システムの供給では、海外勢の後塵を拝している状況。

一方で、「超低遅延」及び「多数同時接続」の機能が加わることにより、産業用途への活用開始・拡大が見込まれる。このようなポスト5G情報通信システムを海外勢に押さえられると、「自動車」や「工場」といった日本経済の付加価値創出の源泉であるものづくりを他国に依存することになる。特に、特定国に押さえられると、経済安全保障上の問題にも繋がり得る。

また、情報通信システムにおいて、付加価値・セキュリティ上、特に半導体が重要な役割を担う中、我が国は、ポスト5Gで必要となる先端半導体の製造に関して、現在国内に製造能力を有しておらず、セキュリティ確保等の観点から脆弱な状況。こうした状況が続けば、現在競争力を有する材料や製造装置の産業基盤も海外に移転していく恐れがある。

このような状況を踏まえて、ポスト5G情報通信システムの開発及び当該システムに用いる先端半導体製造技術の開発を実施し、ポスト5G情報通信システムを国内で製造出来る体制を確保する。

### (2) 本プログラムの立案に至った背景、経緯（前身事業との関係等）

平成30年10月29日に開催された第32回未来投資会議において、以下のような見解が示された。

移動通信システムは、30年間で第1世代から第4世代へと進化してきたが、今般、より高度な第5世代移動通信システム（5G）が登場した。今後、さらに多数同時接続や超低遅延といった機能が強化された5G（ポスト5G）は、工場や自動車といった産業用途への拡大が見込まれる。広範な産業用途に用いられるポスト5Gの情報通信システムやそこで用いられる半導体は、自動工場や自動運転といった我が国産業の競争力の核となり得る技術である。通信基地局市場の世界シェアは、海外トップ3社で世界の8割を占めているが、日本国内にもメーカーが残っている。一方で、ポスト5Gで必要となる先端半導体の製造能力は、海外のみにあり、日本には存在しない状況にある。

上記の見解を踏まえ、令和元年12月5日に閣議決定された「安心と成長の未来を拓く総合経済対策」において、我が国の競争力の核となる技術であるポスト5Gの情報通信システムやそこで用いられる半導体の開発及び先端半導体の製造技術の開発を国家プロジェクトとして官民を挙げて推進することとされ、これらの開発を行う「ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業」が令和元年度補正予算案（国会審議を経て、令和2年1月30日に成立）に盛り込まれた。

### (3) 本プログラムの事業アウトカムと関連性のある省内外事業との関係

5Gを対象とする研究開発事業としては、総務省が実施している「5Gの普及・展開のための基盤技術に関する研究開発」や「第5世代移動通信システムの更なる高度化に向けた研究開発」が挙

げられるが、前者は主に現在の5Gサービスの普及・展開に向けた無線技術の開発、後者は主にミリ波帯の活用に向けた無線技術の開発を行うものである。

これに対して、本事業は、現在の5Gと比べて更に超低遅延や多数同時接続といった機能が強化され、多様な産業用途への活用が見込まれるポスト5Gに向けて、無線技術のみならず、光伝送技術やコアネットワークの制御技術、また、情報通信システムを支える基盤である先端半導体の製造技術などの開発に取り組むものである。

また、半導体製造技術の開発については、NEDOの「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」や文部科学省の「次世代X-nics半導体創生拠点形成事業」が挙げられるが、前者はパワー半導体及び半導体製造装置に関する技術開発、後者は人材育成の中核的なアカデミア拠点形成を目指すものである。

これに対して、本事業は、パワー半導体は対象としておらず、先端半導体の製造プロセス技術や材料技術の開発やパイロットラインの構築に取り組んでいる。

## 2. 当省（国）が実施することの必要性

本事業は、ポスト5Gが我が国の今後の競争力の核となり得る技術であるにも拘わらず、現在の情報通信システム市場におけるシェアのほとんどを少数の海外企業が占めていること、また、先端半導体がポスト5G情報通信システムにおいて極めて重要な役割を担うにも拘わらず、その製造能力を少数の海外企業のみが保有していること等から、市場規模のみならず、供給安定性等の観点も踏まえて、立ち上げられたものである。

情報通信分野における研究開発には極めて多額の研究開発費が必要であること、情報通信システム市場における日本企業のシェアは現時点で非常に低いこと（例えば、基地局市場における日本企業のシェアは、2018年時点で約1.5%）、先端半導体の製造技術の開発は難易度が極めて高く、現時点で同技術を保有している企業は国内にいないこと等の状況を踏まえると、民間企業のみでは十分な研究開発を実施することは困難であり、国が関与する形で研究開発に取り組むことが必要不可欠である。

## 3. 複数課題プログラムの内容

本事業は以下の3つの研究開発項目からなる。

研究開発項目① ポスト5G情報通信システムの開発

研究開発項目② 先端半導体製造技術の開発

研究開発項目③ 先導研究

このうち、研究開発項目③先導研究は、ポスト5Gでは実用化に至らない可能性があるものの、ポスト5Gの後半から5Gの次の通信世代（以下、「ポスト5G後半以降」）にかけて有望と考えられる技術課題について、先導的な研究開発に取り組むものであり、技術的には研究開発項目①または②に関係するものである。そのため、本評価用資料においては、研究開発項目③のうち研究開発項目①に関するものは①、研究開発項目②に関するものは②それぞれの項目の中で記載する。

研究開発の内容については、第2章にて記載する。

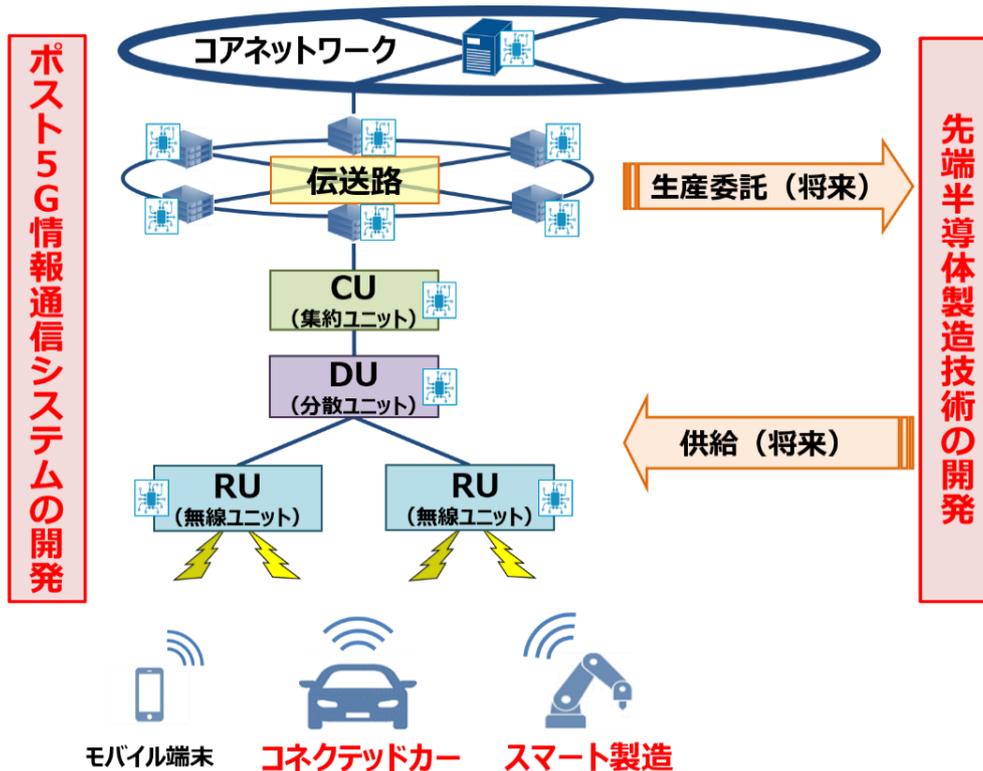


図 事業イメージ

#### 4. 複数課題プログラムの実施・マネジメント体制等

##### (1) プログラムの計画

NEDOにおいて研究開発基金を造成した上で、公募を行い、採択テーマを決定した上で、上記「①ポスト5G情報通信システムの開発」及び「②先端半導体製造技術の開発」を実施する。

##### ◆研究開発成果の普及を促すための取組

社会への研究開発成果の普及を強く促すため、以下の取組を実施する。

##### <ユーザーのニーズ把握>

研究開発の開始時点から、研究開発成果を利用するユーザーとの意見交換を行うとともに、ユーザーによる試作品の評価（利用サービスの提供を含む。）を積極的に実施することにより、研究開発期間全体を通じて、ユーザーのニーズ（技術面、コスト面等）を適切に把握する。当該ニーズを踏まえ、必要に応じて、研究開発内容を柔軟に見直すことにより、研究開発の方向性を最適化する。

##### <研究開発期間中の製品化>

ユーザーによる試作品の評価等を通じて、研究開発期間中に製品化の見込みが得られたものについては、研究開発期間中であっても研究開発の内容から一部を切り出し、早期の製品化に取り組む。

<民間企業等による市場展開を促す仕組み>

研究開発項目①のうち一部の開発テーマについては、実施者に対して市場展開を強く促す観点から、研究開発費返還制度を適用する（詳細は別添の研究開発計画を参照）。

◆研究開発計画の改定及び本中間評価の対象テーマ

本事業では研究開発計画を以下の通り策定・改定している。

・研究開発計画の策定・見直しの履歴

① 2020年4月13日 策定

② 2020年8月6日 改定（先導研究の開発テーマの設定）

③ 2021年1月7日 改定（先端半導体製造技術の開発テーマの設定）

④ 2021年2月4日 改定（ポスト5G情報通信システムの開発、先端半導体製造技術の開発、先導研究の開発テーマの設定）

⑤ 2021年3月9日 改定（収益納付額の計算方法の追記）

⑥ 2021年6月30日 改定（ポスト5G情報通信システムの開発テーマの設定）

⑦ 2022年4月22日 改定（ポスト5G情報通信システムの開発、先端半導体製造技術の開発テーマの設定）

⑧ 2022年8月31日 改定（先端半導体製造技術の開発テーマの設定）

⑨ 2022年10月28日 改定（ポスト5G情報通信システムの開発、先端半導体製造技術の開発テーマの設定）

なお、本事業は上記のように随時研究開発計画を改定し追加の公募を行っているため、テーマごとに研究開発開始及び終了の時期が異なっている。開始後間もないテーマや公募審査中のテーマの事業進捗の評価は困難であるため、今回の中間評価においては、⑤2021年6月30日までに公募を開始したテーマを評価対象とする。具体的な評価対象テーマは、第2章にて記載する。

◆研究開発計画の改定の方法

経済産業省商務情報政策局が事務局となって2021年以降開催している「半導体・デジタル産業戦略検討会議」やその他産業界及び学会の有識者との意見交換等を通して、本事業の趣旨・目的を鑑み必要となる研究開発テーマの開発対象・開発目標・開発期間・開発予算等について、経済産業省にて検討を行い、研究開発計画改定案を作成する。作成した研究開発計画改定案について、複数の外部有識者にその妥当性について確認及び助言を得た上で、研究開発計画の改定及び公募を実施している。妥当性確認を行う外部有識者は、設定する研究開発テーマに応じて、当該外部有識者の専門性等を鑑み、都度依頼を行っている。

<半導体・デジタル産業戦略検討会議>

○開催実績

第1回（2021年3月24日） 半導体

第2回（2021年4月27日） デジタルインフラ整備

- 第3回（2021年5月19日） デジタル産業
- 第4回（2021年11月15日） 半導体戦略の進捗と今後、デジタル産業政策の新機軸
- 第5回（2022年4月14日） デジタル産業基盤のサプライチェーン強靱化に向けて
- 第6回（2022年7月20日） 次世代の情報処理基盤の構築に向けて

○メンバー（第1回会議の出席者。役職等は当時。）

<座長>

東 哲郎 TIA 運営最高会議 議長

<有識者>

五神 真 東京大学 総長

鈴木 一人 東京大学公共政策大学院 教授

橋本 和仁 物質・材料研究機構 理事長

森川 博之 東京大学大学院工学系研究科 教授

若林 秀樹 東京理科大学大学院経営学研究科 教授

<産業界>

加藤 良文 株式会社デンソー 経営役員・CTO

澤田 純 日本電信電話株式会社 代表取締役社長

時田 隆仁 富士通株式会社 代表取締役社長

西川 徹 株式会社 Preferred Networks 代表取締役 CEO

森田 隆之 日本電気株式会社 代表取締役 執行役員副社長

山田 善久 楽天モバイル株式会社 代表取締役社長

## （2）プログラムの実施・マネジメント体制

以下のような役割分担・体制で事業を実施する。

なお、NEDOは研究開発マネジメント機関として、情報通信システム及び半導体技術においても研究開発マネジメントの豊富な経験を有している。

### ○経済産業省：研究開発の方針決定等

- ・ 政府方針、有識者へのヒアリング、独自調査等に基づく研究開発計画の策定（開発の進捗や市場動向等踏まえ、必要な場合には計画を見直し）
- ・ 一次採択審査の実施、NEDOによる二次採択審査結果の承認
- ・ 事業を円滑に進める観点から、必要に応じてNEDOや実施者に指示 等

### ○NEDO：研究開発の進捗管理等

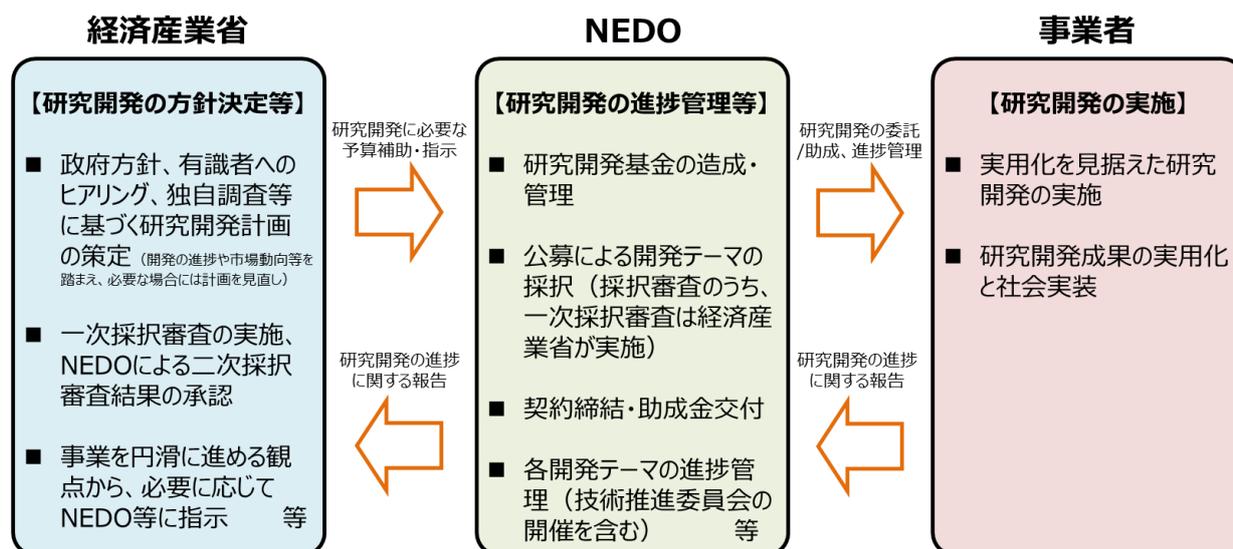
- ・ 研究開発基金の造成・管理
- ・ 公募による開発テーマの採択（採択審査のうち、一次採択審査は経済産業省が実施。NEDOは二次採択審査を実施し、その結果について経済産業省の承認を受けた上で採択を決定）
- ・ 契約締結・助成金交付

- ・各開発テーマの進捗管理（技術推進委員会の開催を含む） 等

○事業者：研究開発の実施

- ・実用化を見据えた研究開発の実施
- ・研究開発成果の実用化と社会実装 等

### 研究開発の実施・マネジメント体制



#### (3) 知財や研究開発データの取扱いについての戦略及びルール

本事業の成果に依る知的財産や研究開発データの取り扱いについては、経済産業省が定める「委託研究開発における知的財産マネジメントに関する運用ガイドライン」及びその別冊である「委託研究開発におけるデータマネジメントに関する運用ガイドライン」に従うことを原則とする。

NEDOが委託を行って実施する開発テーマについては、開発テーマ又は開発テーマを構成する研究項目ごとに知財委員会を委託先に設置し、知財委員会において、研究開発成果に関する論文発表及び特許等（以下「知財権」という。）の出願・維持等の方針決定等のほか、必要に応じて、知財権の実施許諾に関する調整等がなされるよう、NEDOが助言・指導を行う。

#### (4) 広報

NEDOは、シンポジウムの開催等を通じて、本事業の研究開発成果の普及に向けた広報に取り組む。これまで行った主なシンポジウムや広報活動は以下のとおり。（役職等は当時。敬称略。）

#### ○CEATEC 2020 ONLINE オンラインセミナー

開催日：2020年10月23日

テーマ：「ポスト5Gが切り開く未来」

主催：NEDO

プログラム：

開会挨拶およびプロジェクト概要説明 今井 淨（NEDO理事）

基調講演「ポスト5Gへの向き合い方」

森川 博之（国立大学法人東京大学 教授）

講演①「完全仮想化モバイルネットワークによる楽天のグローバル戦略」

内田 信行（楽天モバイル株式会社 執行役員）

講演②「ポスト5Gに向けたNECの展望について」

河村 厚男（日本電気株式会社 執行役員常務）

講演③「富士通の目指す2030年のネットワーク」

水野 晋吾（富士通株式会社 執行役員常務）

パネルディスカッション

モデレーター：森川教授 パネリスト：講演者 3名

○新産業技術促進検討会シンポジウム「ポスト5Gが切り開く未来」

開催日：2021年9月29日

主催：モノづくり日本会議、NEDO

プログラム：

開会挨拶 今井 淨（NEDO理事）

ポスト5G事業紹介 林 勇樹（NEDOポスト5Gプロジェクト推進室長）

研究開発テーマ紹介（情報通信システム）

- ・日本電気株式会社、富士通株式会社、NTTエレクトロニクス株式会社、住友電工デバイス・イノベーション株式会社、楽天モバイル株式会社、株式会社東芝

パネルディスカッション

モデレーター：

- ・関口 和一（株式会社MM総研 代表取締役所長）

パネリスト：

- ・中尾 彰宏（国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科 教授）
- ・中野 浩二（経済産業省 商務情報政策局 情報産業課 高度情報通信技術産業戦略室長）
- ・長谷川 史樹（5G利活用型社会デザイン推進コンソーシアム 運営委員長  
三菱電機株式会社 開発本部 通信システムエンジニアリングセンター  
担当部長）

○先端半導体製造技術つくば拠点 オープニングシンポジウム

開催日：2021年10月28日

主催：経済産業省、NEDO、産総研、TIA

プログラム：

開会挨拶 野原 諭（経済産業省 商務情報政策局局長）

プロジェクト説明 “ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業紹介” 西村 知泰（NEDO 理事）

プロジェクト説明 “産総研における先端半導体製造技術開発(NEDO・ポスト5G事業)の紹介” 安田 哲二(国立研究開発法人産業技術総合研究所 エレクトロニクス・製造領域長)

#### パネルディスカッション

”ポスト5GプロジェクトによるTIAを舞台にした半導体再興への挑戦”

モデレーター:

- ・金山 敏彦(国立研究開発法人産業技術総合研究所 特別顧問)

パネリスト:

- ・荻野 洋平(経済産業省 商務情報政策局 情報産業課 デバイス・半導体戦略室長)
- ・吉元 拓郎(文部科学省 研究開発局 環境エネルギー課 課長補佐)
- ・金丸 正剛(国立研究開発法人産業技術総合研究所 上級執行役員/TIA推進センター長)
- ・立岩 健二(タワーパートナーズセミコンダクター株式会社(TPSCO) プロセステクノロジーセンター(PTC) 開発戦略部 部長)
- ・丹羽 正昭(先端システム技術研究組合(RaaS))

#### ○CEATEC2021 ONLINE 出展

開催日:2021年10月19日~10月22日(オンライン開催期間)

主催:一般社団法人電子情報技術産業協会

展示内容:NEDOバーチャル展示ブースにポスト5G事業から2件出展

- ・テーマ:完全仮想化・クラウドネイティブなポスト5Gネットワークシステム

出展者:楽天モバイル株式会社

- ・テーマ:リアルハプティクス技術による触覚情報のデータ化と再現

出展者:国立大学法人北海道大学、日本ユニシス株式会社、株式会社テクノフェイス他

#### ○新産業技術促進検討会シンポジウム「ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業中間成果報告会」

開催日:2022年9月29日~10月31日(オンデマンド配信)

主催:モノづくり日本会議、NEDO

プログラム:

- ・プロジェクト概要 田場 盛裕(NEDOポスト5Gプロジェクト推進室 室長)
- ・基調講演 中尾 彰宏(東京大学大学院工学研究科 教授)
- ・中間成果報告もしくは最終成果報告

楽天モバイル株式会社、株式会社インターネットイニシアティブ、京セラ株式会社、NEC  
ネットエスアイ株式会社、株式会社日立製作所、KDDI株式会社、株式会社ダイセル、三菱  
電機株式会社、株式会社東芝、国立研究開発法人情報通信研究機構、国立大学法人北海道  
大学から報告

## ○CEATEC2022 出展

開催日：2022年10月17日～10月20日

主催：一般社団法人電子情報技術産業協会

展示内容：

- ・テーマ リアルタイムクラウドロボティクス技術の研究開発  
株式会社東芝、東芝インフラシステムズ株式会社
- ・テーマ 基地局装置間の相互接続性等の評価・検証技術の研究開発  
富士通株式会社、日本電気株式会社
- ・テーマ 超低遅延向けSDR対応5G半導体チップの研究開発  
株式会社エイビット、国立研究開発法人情報通信研究機構、国立大学法人大阪大学
- ・テーマ NEDO先端半導体の取り組みについて  
NEDO

## 5. 事業アウトプット

<アウトプット指標>

- ・中間目標  
テーマごとに設定した最終目標の達成に向けた中間的マイルストーンを達成すること。
- ・最終目標  
ポスト5G情報通信システムを構成する各要素及び、ポスト5G情報通信システムに必要な先端半導体の製造技術や材料技術等について、有識者の意見に基づき開発テーマごとに設定した目標を達成すること。

<設定理由・根拠>

本事業はポスト5G時代に求められる情報通信システム及び先端半導体製造技術の開発を行うが、分野が多岐にわたるため、共通のアウトプット指標を設定することが困難。加えて、開発するテーマについても、有識者ヒアリングなどを実施することで設定することを検討している。従って、アウトプット指標について、全テーマ共通の指標を設定することが困難であるため、テーマ毎に有識者の意見を踏まえて指標を設定する。

## 6. 事業アウトカム

(1) 事業アウトカムの内容

本事業で開発した技術の実用化率(※)： 50%以上(各採択テーマ終了後概ね3年時点)

※開発した技術が実用化に至ったテーマ数/採択テーマ数。ただし、先導研究は除く。

(2) 事業アウトカム指標・目標の設定理由・根拠

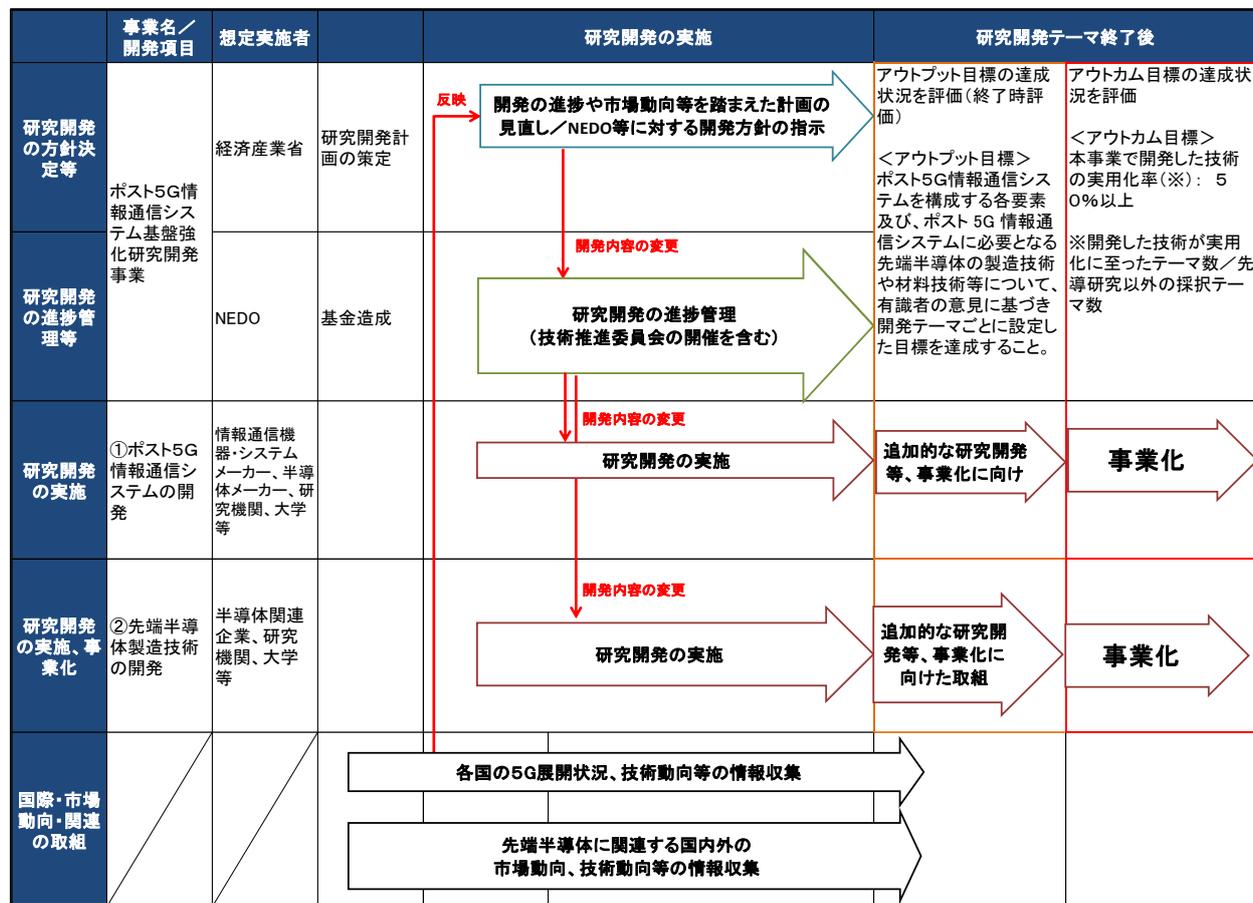
NEDOにおいては、通常の研究開発事業の実用化達成率の目標を、事業終了後5年経過後の時点で25%以上と設定しているが、本事業では実用化を強く推進するため本事業では、実用化達成

率50%以上という高いアウトカム目標を設定している。

なお、ポスト5Gは、今後、世界中の企業が本格的な検討や試行錯誤に取り組む中で、具体的な利用方法が特定されていくため、現時点で本格利用の開始時期を明示することは困難だが、我が国では2020年より5Gの商用サービスが開始されていることや、セルラー系通信規格の世代が変化するまでの期間は約10年と言われており、2020年代後半が5Gの後半に相当することを踏まえ、2026年頃にポスト5Gの本格利用が開始していると仮定し、最も早く実施する事業は2020年度の事業開始を想定していることも踏まえて、事業終了後概ね3年で達成状況を評価する。

## 7. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

事業アウトカムに至るまでのロードマップは、以下の図の通り。



## 8. 費用対効果

### (1) 事業期間全体の国費総額

200,000(百万円)(※令和2年度補正予算まで)

### (2) 費用対効果

「電子情報産業の世界生産見通し」(2019年12月、電子情報技術産業協会)によると、5G基地局の市場規模は、2020年の1.2兆円から2030年には2.8兆円へと10年間で2

倍以上に増加する見込みであり、また、5G関連市場の規模（ここでは、5G基地局、5Gに対応したIoT機器やソリューションサービスが対象。5G導入に対応して整備される有線インフラ等は含まれていない）は、2018年の0.5兆円から2030年には168.3兆円へと12年間で300倍以上に増加する見込みである。本見通しにおいては、ポスト5Gで想定されるような産業用途（自動車、ロボット、建設等）の市場も、大きく拡大することとされている。

また、半導体の市場規模は、2020年の50兆円から2030年には100兆円と2倍程度に成長する見込みであり、特にロジックやメモリにおける先端半導体は市場が大きく成長する見込みである。また、半導体はデジタル社会を支える重要基盤技術として安全保障にも直結する死活的に重要な戦略技術であり、この観点からも我が国として半導体技術を保有することは重要な意義がある。

このため、本事業により得られるポスト5G情報通信システム技術開発及び先端半導体製造技術開発の成果が広く普及すれば、高い費用対効果が期待される。

## 9. 前回評価の指摘事項と対応状況

評価 WG（事前評価（2020 年 3 月））

所見	対応状況
<p>日本の半導体事業のプレゼンス向上に向け、どこに突破口を見いだすか、早期の見極めと、前例にとられない、実施体制の構築が重要。具体的な技術ロードマップを念頭に置きつつ、適切な段階での事業の絞り込みを行いながら、戦略的に進めてほしい。</p>	<p>半導体や情報通信システムに関する技術の中には、日本が世界的に強みをもち得るものもある。また、情報通信システムのアーキテクチャの変化により、競争力の核となる技術の変化が起きつつある分野も存在している。本事業では、こういった分野を中心に、現在までに 8 回の研究開発の改定及び公募を行い、適時適切に研究開発テーマを追加してきた。また、年 1 回の技術推進委員会やステージゲート審査を通じて、各研究開発テーマのマネジメントを実施している。</p>
<p>個々の技術開発の活用に終わってしまわず、今後のプラットフォーム化につながるように、テーマの採択や評価に取り組んでいただきたい。また、国際標準化も視野に入れつつ進めることが望まれる。</p>	<p>先端半導体製造技術を開発するための拠点の構築など、今後の研究開発プラットフォームにつながる取組についても実施している。なお、5G については、数年前から国際的な標準化の取組が進められており、段階的に仕様が決定されつつある状況だが、ポスト 5G の後半から 5G の次の通信世代を見据えた先導的な研究など、将来的に国際標準につながり得る取組についても本事業で実施している。</p>
<p>本事業において半導体製造企業がパイロットラインを日本国内に構築する等の可能性や、その技術が「将来的に国内で製造できる技術の確保」につながることにについては、本事業を国の予算で実施する必要性も含め、対外的に丁寧に説明しつつ、十分に注意して事業を進められたい。</p>	<p>2021 年 10 月に「先端半導体製造技術つくば拠点オープニングシンポジウム」を開催し、産総研つくばセンターにパイロットラインを構築するテーマを中心に内容を広報した。また、2022 年 7 月には導入予定の装置リストを公開するなど、対外的に説明を行っている。</p>

評価WG（事前評価（2022年1月））

所見	対応状況
<p>世界のポスト5Gの熾烈な開発競争下において、真に我が国の競争力強化につなげるためには、各テーマに薄く広く資金を出すのではなく、戦略的に集中して投下することも重要である。また、GAFAMの動向を見据えたビジネスモデル、研究成果がエンドユーザーでどのように使われるかという視点から将来像を描き、そこからバックキャストして戦略を練ることも必要である。</p>	<p>半導体や情報通信システムに関する技術の中には、日本が世界的に強みを有する分野や、情報通信システムのアーキテクチャの変化により競争力の核となる技術の変化が起きつつある分野も存在している。本事業ではこういった分野を中心に、市場の動向やユーザー側のニーズを踏まえ、事業化を強く意識しながら研究開発を進めている。</p>
<p>ポスト5G分野の早い動きに即応するために、市場変化や制度面のリスクを考慮しつつ、戦略、テーマ構成、目標等を機動的かつ柔軟に見直すことも重要である。</p>	<p>海外の競合企業等の動向等も踏まえ、現在までに8回の研究開発の改定を行い、適時適切に研究開発テーマを追加してきた。また、年1回の技術推進委員会やステージゲート審査を通じて、各研究開発テーマのマネジメントを実施している。</p>

## 第2章 複数課題プログラムを構成する「研究開発 課題（プロジェクト）」の概要

## A ポスト5G情報通信システムの開発

上位施策名	○安心と成長の未来を拓く総合経済対策（令和元年12月閣議決定） ○半導体・デジタル産業戦略（令和3年6月経済産業省策定）				
担当課室	商務情報政策局 情報産業課				
目的	<p>本事業は、5Gの後半に相当する「ポスト5G」は超低遅延や多数同時接続といった特性から、多様な産業用途への活用が見込まれており、我が国の競争力の核となり得る技術であるにも拘わらず、現在の情報通信システム市場におけるシェアのほとんどを少数の海外企業が占めていることから、以下の観点から技術開発を支援する。</p> <p>① 我が国が現在でも一定の競争力を持ち得る基地局無線部、光伝送装置の高度化を促進する。</p> <p>② 専用機から汎用サーバ・ソフトウェアへと競争軸の変化が起こりつつあるコアネットワーク、基地局制御部の市場の早期獲得を図る。</p> <p>③ 0-RAN(オープンインターフェース規格)の国際的な普及に向けた技術開発により、海外企業を取り込む。</p> <p>④ 産業用途に必要な技術の開発により、ポスト5G利用市場の拡大を図る。</p>				
類型	複数課題プログラム / 研究開発課題（プロジェクト） / 研究資金制度				
実施時期	2020年度～終了未定	会計区分	一般会計 / エネルギー対策会計		
評価時期	事前評価：2019年度、2021年度 中間評価：2022年度 終了時評価：未定				
実施形態	国（補助（基金造成）） → 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（委託） → 事業者				
執行額 (百万円)	2020年度	2021年度	2022年度 (見込み)	総執行額	総予算額 (採択決定額)
	15,137	37,125	30,853	83,115	97,638

## 1. 国内外の類似・競合する研究開発等の状況

国・地域	政府施策
日本	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 総務省「5G の普及・展開のための基盤技術に関する研究開発」「第 5 世代移動通信システムの更なる高度化に向けた研究開発」 前者は主に現在の 5G サービスの普及・展開に向けた無線技術の開発、後者は主にミリ波帯の活用に向けた無線技術の開発を行うものである一方、ポスト 5G 事業は現在の 5G と比べて更に超低遅延や多数同時接続といった機能の強化、多様な産業用途への活用に向けて、無線技術のみならず光伝送技術やコアネットワークの制御技術、また、情報通信システムを支える基盤である先端半導体の製造技術などの開発に取り組むもの。</li> <li>・ 総務省は令和 3 年 1 月に「Beyond 5G 研究開発促進事業研究開発方針」を策定し、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）に設置した基金（令和 2 年度第三次補正予算 500 億円）及び総務省が交付する補助金により、以下の①～③の研究開発プログラムの公募の実施をするとともに、NICT に技術実証等を行う共用研究施設・設備の整備を推進している。 <ul style="list-style-type: none"> <li>① Beyond 5G 機能実現型プログラム</li> <li>② Beyond 5G 国際共同研究型プログラム</li> <li>③ Beyond 5G シーズ創出型プログラム</li> </ul> </li> </ul>
米国	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「公共ワイヤレス通信サプライチェーン・イノベーション基金」の設立 5G 競争力強化、0-RAN 等のオープンインタフェース基準に適合する機器等の普及に向けた事業・調査に対して 1 件あたり上限約 50 億円（50million USD）を支援。</li> <li>・ 「多国間セキュリティ基金」の設立 国務省は、基金の設立にあたり、英国、カナダ、豪州、NZ、日本などのパートナーに対して関与と貢献を求める。優先分野として、①信頼できる通信技術に関する研究開発、②サプライチェーンの強化、③信頼できるベンダーの育成、を挙げている。</li> <li>・ 国防高等研究計画局（DARPA）は Joint University Microelectronics Program（以下、JUMP）研究センターとして 6 機関を採択し、資金は 1.5 億ドルを投資。</li> <li>・ 国防総省（DoD）は 5 つの米軍施設での 5G 実験と検証のために 6 億ドルの資金提供を実施。</li> <li>・ アメリカ国立科学財団（NSF）では Communications, Circuits, and Sensing-Systems（CCSS）において、1.2 億ドルの規模で研究開発が実施。2021 年 4 月に次世代ネットワークに関する学術研究における予算規模 0.4 億ドルの投資（RINGS）を発表。</li> <li>・ 2020 Utilizing Strategic Allied Telecommunications Act（USA Telecommunications Act）において、「ワイヤレス・サプライチェーン・イノベーション補助金プログラム」が設置され、相互運用可能なオープン RAN を全国で展</li> </ul>

	<p>開するために、国家電気通信情報庁(以下、NTIA)に競争ベースで最大 7.5 億ドルの助成金を交付。NTIA は、毎年議会に詳細な報告を行い、法施行から 180 日以内に 5G ネットワーク・サプライチェーンの現状を詳述する報告書を提出し、FCC、連邦機関、その他の代表からなる諮問委員会を設置する。</p>
G 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ G7 デジタル技術大臣会合 大臣宣言</li> </ul> <p>5G を含むデジタル ICT インフラの安全性、強靱性、多様性、競争性、透明性、持続可能性を確保するための方策として、オープンで相互運用性のあるネットワークアーキテクチャへ言及。</p>
E U	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ EU 最大のイノベーションプログラムの Horizon Europe で 5G deployment initiatives が 2021 年から 2027 年に 9 億ユーロの公的研究開発費で行われることが発表。</li> <li>・ 2020 年 12 月から最初の 6G システムコンセプトを開発する Hexa-X の立ち上げが発表され、0.6 億ユーロ相当の 6G プロジェクトの最初のセットが 2021 年 2 月から開始しており、更に第 2 フェーズとして Hexa-X-II が 2023 年 1 月から開始予定で、プレ標準化されたプラットフォームとシステム全体図の作成に注力する。</li> </ul>
英国	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 5G サプライチェーン多様化戦略 (5G Supply Chain Diversification Strategy)</li> </ul> <p>2020 年 11 月、デジタル・文化・メディア・スポーツ省が発表。政府は、2 億 5,000 万ポンドを投じ、多様で競争力のある革新的な通信ネットワークの供給基盤構築を図る。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ①現行のサプライヤー支援、②新しいサプライヤーにとって魅力的な市場創出、③オープンインタフェースの展開加速の 3 分野を柱として、世界の通信サプライチェーン市場の多様化を図る。</li> <li>・ フューチャー・RAN・コンペティション(以下、FRANC) … 英国 0-RAN(Open RAN Alliance)の採用を加速するために、英国全体の革新的な R&amp;D プロジェクトに資金を提供する最大 3,000 万ポンド(約 45 億 9,000 万円、1 ポンド=約 153 円)の助成事業。書類選考や面接などの選考プロセスを経て、2021 年 11 月からのプロジェクト開始を目指す。FRANC は、以下のいずれかに該当するプロジェクトを支援する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2025 年までに、英国の密集都市部で利用が可能な 5G オープン RAN ソリューションの開発を加速。</li> <li>- 英国で研究開発を行う 5G RAN の新規サプライヤーを誘致し、英国の公共ネットワークに新規参入する可能性のある企業間の専門的な連携を促進。</li> <li>- 「5G サプライチェーン多様化戦略」の目的であるサプライチェーンの分散化とオープンインタフェースの標準化、ネットワーク展開で優先事項となるセキュリティの実現への貢献。</li> </ul> </li> </ul>

韓国	<ul style="list-style-type: none"> <li>韓国科学技術情報通信部は R&amp;D 事業に計 5 兆 8,161 億ウォン、6G 開発に 172 億ウォンを割当。</li> <li>2020 年 8 月に 6G 技術を確保するために 2021 年から 5 年間で 2,000 億ウォンを投資することを決定。</li> </ul>
中国	<ul style="list-style-type: none"> <li>科学技術部(以下、MOST)が、6G 関連の活動を推進し、2018 年 1 月に国家重点研究開発プログラムにおける投資スキームの中で、Beyond 5G(6G)に関する研究開発の推進を開始。</li> <li>工業情報化部(MIIT)は MOST と共同で、5G の推進主体である IMT-2020 を拡充し、政府、アカデミア、企業の計 37 組織で構成される「6G 技術研究開発推進作業部会：IMT-2030」を設置。</li> <li>中央・地方政府それぞれに支援が用意されている。以下広州市の事例。 <ul style="list-style-type: none"> <li>製造業向け 5G ソリューションの導入に対して 8,000 万円の補助金。</li> <li>5G を導入する企業に 1 億 6,000 万円の支援。</li> <li>5G 分野で卓越した業績を上げた個人に対する報奨金として 8,000 万円。</li> </ul> </li> </ul>

## 2. 研究開発の内容

### (1) 研究開発の全体構成

#### ポスト 5 G 情報通信システムの開発 (委託)

番号	研究開発項目	実施者
A-a1	(a) コアネットワーク	(a1) クラウド型コアの高度化技術の開発 日本電気株式会社
A-a2		(a2) クラウド型ネットワーク統合管理・自動最適化技術の開発 楽天モバイル株式会社
A-b1	(b) 伝送路	(b1) 光伝送システムの高速度化技術の開発 富士通株式会社
A-b2		(b2) 光伝送用 DSP の高速度化技術の開発 NTT エレクトロニクス株式会社 富士通株式会社 日本電気株式会社
A-b3		(b3) 微細化の進展に対応した高速不揮発性メモリ技術の開発 国立研究開発法人産業技術総合研究所 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社

番号	研究開発項目	実施者	
A-b4		(b4) 固定無線伝送システム大容量化技術の開発	日本電気株式会社
A-b5		(b5) バス型伝送高度化技術の開発	日本電気株式会社
A-b6		(b6) 超高速光リンク技術の開発	三菱電機株式会社
A-b7		(b7) 光スイッチ高度化技術の開発	株式会社 JVC ケンウッド エピフォトニクス株式会社
A-c1-1	(c) 基地局	(c1) 仮想化基地局制御部 の高性能化技術の開発	富士通株式会社
A-c1-2		(c1) 仮想化基地局制御部 の高性能化技術の開発	楽天モバイル株式会社
A-c2-1		(c2) 基地局無線部の高性能化技術の開発	富士通株式会社
A-c2-3		(c2) 基地局無線部の高性能化技術の開発	日本電気株式会社
A-c3		(c3) 基地局装置間の相互接続性等の評価・検証技術の開発	富士通株式会社 日本電気株式会社
A-c4		(c4) 高周波デバイスの高出力・小型化技術の開発	住友電気工業株式会社
A-c5		(c5) 高温動作可能な光接続技術の開発	アイオーコア株式会社
A-c6		(c6) 高周波帯アンプ一体型アレイアンテナ実装技術の開発	富士通株式会社

番号	研究開発項目		実施者
A-c7-1		(c7) RAN制御高度化技術の開発	富士通株式会社
A-c7-2		(c7) RAN制御高度化技術の開発	日本電気株式会社
A-d1	(d) MEC	(d1) MEC向け大規模先端ロジックチップ設計技術の開発	株式会社ソシオネクスト
A-d2		(d2) MECサーバー向け広帯域・大容量メモリモジュール設計技術の開発	キオクシア株式会社
A-e1	(e) 端末	(e1) 端末通信機能構成技術の開発	株式会社エイビット 国立大学法人大阪大学 国立研究開発法人情報通信研究機構
A-e2	(e) 端末	(e2) 端末向け低消費電力コンピューティング技術の開発	株式会社テクノアクセルネットワークス

※A-e2 は本中間評価の評価対象外。

#### 先導研究（委託）

番号	研究開発項目		実施者
AS-a1	(a) ネットワーク関連技術	(a1) ネットワーク統合管理技術（超高信頼性）	アラクサラネットワークス株式会社
AS-s2		(a2) リアルタイム制御技術（超低遅延性）	ソフトバンク株式会社
AS-a3		(a3) オープンソースソフトウェア技術（柔軟性・低コスト）	APRESIA Systems 株式会社 富士通株式会社 株式会社インターネットイニシアティブ 国立大学法人東京大学
AS-a4		(a4) セキュア通信技術（超安全性）	株式会社東芝

番号	研究開発項目	実施者
AS-a5-1	(a5) クラウドサーバーやMECサーバーの低消費電力化技術（超低消費電力性）	KDDI 株式会社 国立大学法人東京大学
AS-a5-2		株式会社 Preferred Networks
AS-b1	(b) 伝送路関連技術	(b1) フロントホール（RU、DU間）向け光リンク技術 国立大学法人東京工業大学 富士フイルムビジネスイノベーション株式会社 国立研究開発法人情報通信研究機構
AS-b2		(b2) MEC内通信向け光インターコネクト技術 国立研究開発法人産業技術総合研究所 京セラ株式会社
AS-b3		(b3) メトロ・長距離網向け光伝送ネットワークの大容量化技術 富士通株式会社 株式会社 KDDI 総合研究所
AS-b4		(b4) 光アクセスネットワークの仮想化技術 沖電気工業株式会社 国立大学法人東北大学電気通信研究所
AS-c1-1	(c) 基地局関連技術	(c1) 新規アンテナ技術 国立研究開発法人産業技術総合研究所 TDK株式会社 国立大学法人大阪大学
AS-c1-2		ルネサスエレクトロニクス株式会社 Renesas Electronics America Inc.
AS-c2		(c2) ミリ波・テラヘルツ帯向け集積回路技術 国立大学法人広島大学 三菱電機株式会社 国立研究開発法人産業技術総合研究所
AS-c3		(c3) 新規基板材料等の高機能材料技術 株式会社ダイセル

番号	研究開発項目	実施者
AS-c4		(c4) 基地局増幅器のための広帯域化回路技術 三菱電機株式会社 学校法人湘南工科大学
AS-c5		(c5) ソフトウェア基地局の自動最適化技術 富士通株式会社
AS-c6		(c6) 基地局の仮想化、柔軟化技術 楽天モバイル株式会社 日本電気株式会社 NEC ネットエスアイ株式会社 国立大学法人東京大学
AS-d1	(d) 革新的応用システム技術	(d1) デジタルツイン実現のための高精度測位・同期制御技術 株式会社日立製作所
AS-d2		(d2) MEC 利用によるアダプティブロボット群リアルタイム制御技術 株式会社東芝
AS-d3-1		(d3) その他の革新的応用システム基盤技術 国立大学法人北海道大学 BIPROGY株式会社 株式会社テクノフェイス 株式会社エムスクエア・ラボ
AS-d3-2		
AS-d3-3		
AS-e1	(e) MEC 関連技術	(e1) MEC を構成する半導体、周辺デバイス等の高性能化・低遅延化 セイコーNPC株式会社
AS-e2		(e2) クラウドサーバーや MEC サーバーの低消費電力化技術（超低消費電力性） 日本電気株式会社

## (2) 各研究開発項目の実施内容

### ポスト5G情報通信システムの開発（委託）

情報通信ネットワークを構成する各要素（コアネットワーク、伝送路、基地局、モバイルエッジコンピューティング（MEC）、端末）について、以下の技術開発に取り組む。

#### (a) コアネットワーク

ポスト5Gのコアネットワークには、多様なサービスの要求に対応しつつ、膨大なトラフィックを可能な限り省電力かつ低コストで効率的に処理するため、仮想化や計算リソース管理等に関する高度な技術が求められる。また、低遅延や高信頼といった要求に対応するため、将来的には、巨大な単一のデータセンタで処理を行う形から、地理的に分散した複数の計算リソースを活用し、クラウドベースでコアネットワークを実現する形へと形態が大きく変化する可能性がある。このため、多様なサービスの要求に対応する上で適切なシステム構造とすることに留意しつつ、仮想化や計算リソース管理等に関する高度な技術を備えるとともに、クラウドベースでも動作が可能なコアネットワークのソフトウェア技術等を開発する。

#### (b) 伝送路

ポスト5Gの伝送路には、データ伝送の遅延を短く保ちつつ、膨大なトラフィックの増加に対応するため、光伝送装置の大幅な性能向上が求められる。また、機能分割された各基地局機能間の信号やMECで処理されたデータなど、容量や経路が異なる光信号を柔軟に制御する必要がある。加えて、ビル壁面や街路灯へのアンテナ設置やビル間伝送などにおいて光ファイバ伝送より効率的な無線伝送や、遠隔医療等の産業用途サービスを島しょ部等の条件不利地域でも展開するために効率的に伝送路を構築する技術が必要となる。

このため、伝送路上の光信号を高速で電気信号に変換（及びその逆変換）することが可能な光伝送装置、光伝送装置内においてデジタル信号の高速処理を担うDSP（デジタル・シグナル・プロセッサ）、膨大な情報を高速かつ省電力で書込み・読出し可能な不揮発性メモリ等に関する技術、MFH（Mobile Front Haul）や基地局～MECサーバー間等比較的短距離のイーサネット伝送リンクにおいて利用される超高速光デバイス、大容量固定無線伝送装置、柔軟に経路制御可能な光スイッチ技術、島しょ部等に効率的にMBH（Mobile Back Haul）回線を整備する技術を開発する。

#### (c) 基地局

ポスト5Gの基地局には、広帯域である高周波数帯の無線リソースを有効利用するため、多数の端末との同時接続を実現する高度なビーム制御が求められるとともに、利用周波数帯が上がるにつれアンテナ間隔が狭まるため放熱効率の向上が求められる。また、基地局内で膨大な信号を低遅延で処理するため、基地局内部においても高い伝送速度を確保することが求められる。加えて、遠方まで届きにくい高周波数帯の電波の利用により基地局の設置数が増加するため、基地局の無線ユニットやそこで用いられる高周波デバイス等の高出力化・小型化による省電力化、またソフトウェア化の進展によるコスト低減等が求められる。

このため、高度なビーム制御機能を備え、省電力性能等に優れた基地局、基地局のソフトウェア化、基地局に搭載される高出力・小型の高周波デバイスや基地局内部の光配線化等に関する技術、高効率アンプ一体型アレイアンテナ実装技術を開発する。

また、近年、基地局を構成する装置間の接続インターフェイスをオープンにすることによ

り、複数のベンダーの装置で基地局を構成し、調達の多様化を実現するための取組が進められているが、実際に多様なベンダーの多様な装置間での相互接続性を確保する上では、検証に必要なプロセスやツールが整備されていない等、技術的なハードルが存在している。このため、装置間の相互接続性の評価・検証等を行うための技術を開発する。

さらに、ポスト5Gで実現が期待されるスマート工場や自動運転等の産業用途サービスでは、高い信頼性や用途に応じた通信品質の保証が必要になる。そこで、RANの安定動作やアプリケーション要求に応じた品質制御に資する技術を開発する。

#### (d) MEC

ポスト5Gネットワークの低遅延性・多数同時接続とIoT、AI等の活用により多様な産業活動や国民生活のスマート化が期待されている。また、エッジの端末やセンサーで生み出される大量なデータの蓄積や解析の高度化、AI学習の高性能化の進展が予想されている。しかし、全てのデータをデータセンタ等のクラウドサーバーに送信し、解析、AI学習等をした場合、情報伝送に大量エネルギーとコストがかかり、ネットワーク負荷も多大になるとともに、ポスト5Gの特徴である低遅延性の実現が困難となる。このため、これまでのデータ集約・処理型のクラウドサーバーに加えて、基地局制御部や5Gコアネットワークの設置場所等、よりユーザーに近いエリアでのデータ処理を可能とするMECサーバーの普及が求められる。また、低遅延ネットワークを実現するためには、MEC、ネットワーク構成機器、MECと情報通信するエッジデバイス自体の高性能化も求められる。これらMECサーバーやネットワーク機器、エッジデバイスのコンピューティング性能を決定づける重要な役割を担っているのが、大規模・高性能・低消費電力な先端ロジック半導体や、広帯域化で低遅延な大容量メモリモジュールである。

そこで、MECを用いた低遅延処理の実現に向けて、最先端のプロセスノードを適用した大規模先端ロジック半導体の設計技術を開発するとともに、大容量・広帯域なメモリシステムを開発する。

#### (e) 端末

ポスト5G情報通信システムにおいては、スマート工場や自動運転など用途に応じた多種多様な端末開発が行われることが想定されるため、さまざまな端末に汎用的に利用可能な端末通信チップ・モジュール等を開発する。

また、ポスト5Gネットワークの超低遅延性・多数同時接続とIoT、AI等の活用により、生成・処理されるデータ量が爆発的に増大することが予測されており、これまでのデータ集約・処理型のクラウドサーバーに加えて、端末でデータ処理を行うエッジコンピューティング技術が必要となる。一方、端末では利用可能な電力量が制限されるため、低消費電力でのAI処理が求められる。そこで、端末での効率的なデータ処理を実現するコンピューティング技術の研究開発を行う。

### 先導研究（委託）

研究開発項目①に関係するものであって、ポスト5Gでは実用化に至らない可能性があるものの、ポスト5Gの後半から5Gの次の通信世代（以下、「ポスト5G後半以降」）にかけて有望と考えられる技術課題について、先導的な研究開発に取り組む。

(a) ネットワーク関連技術

ポスト5G後半以降のネットワークにおいては、5Gの10倍あるいは100倍の高速化・大容量化・低遅延化・多数同時接続等に加え、超低消費電力化、高信頼性、自律性、拡張性、などの新たな性能が求められるとともに、多種多様な新たなサービスの要求に応じたQoS (Quality of Service) が求められるため、仮想化技術やAI技術の高度化等による高速、高機能、柔軟かつ信頼性の高いネットワークのリソース分配制御技術や管理、運用技術、高精度な同期技術、クラウドサーバーやMECサーバーの低消費電力化技術が重要となる。また、今後、量子コンピュータ等の新原理に基づく高速計算機の登場が予想され、社会基盤の通信システムについても堅牢性が高くセキュアな通信が求められる。

これらに対応すべく、本開発項目では、多種多様なサービスに対応可能なコアネットワークからアクセスネットワーク、MEC、基地局、端末まで、ネットワーク全体（あるいは一部）を統合的に管理する技術や、エンドツーエンドでのデータ到達時間の超低遅延を実現する技術、安全性の担保されたオープンソースのソフトウェア基盤技術、サーバーの超低消費電力化技術の開発等を行う。さらに、今後、新原理に基づく高速計算機等でも破ることができない、堅牢性の高いセキュアな通信を実現する暗号通信技術等についても開発を行う。

(b) 伝送路関連技術

ポスト5G後半以降の伝送路において、5Gの10倍あるいは100倍の高速化・大容量化・低遅延化・多数同時接続等を実現するためには、必然的に更なる大容量かつ高速な伝送技術が求められる。データ容量が増加するだけでなく、産業用途向けの低遅延性もミリ秒からマイクロ秒オーダーの精度が求められ、エンドツーエンドでの性能要求を担保するには伝送路における高速大容量かつ低遅延の通信の実現が重要となる。このため光伝送の更なる高速化、あるいは高速無線リンクの活用などの新たな伝送技術の開発が望まれる。

これらに対応すべく、本開発項目では、フロントホールに対応した大容量かつ低消費電力な光リンク技術、MECの情報処理性能を飛躍的に向上する光インターコネクト技術、メトロ・長距離網向け光伝送ネットワークの広帯域化技術の開発を行う。

(c) 基地局関連技術

ポスト5G後半以降の基地局においては、さらなる高速大容量通信が加速され、ミリ波のみならずテラヘルツ波を含む高周波かつ広帯域の電波利用が検討されている。しかし、その高周波の特性による直進性や伝搬損失の大きさなどの課題が存在し、基地局においては集積回路等のデバイス・材料レベルでの革新的な技術が求められる。これと並行し、コアネットワークにおいて先行している仮想化技術は、無線アクセスネットワークのCU、DUのみならずRUへと拡張することが予想される。

これらに対応すべく、本開発項目では、ミリ波・テラヘルツ帯の基地局に搭載可能な新規のアンテナ技術やビームフォーミング技術、高周波や高速大容量伝送時に低損失な新規基板材料、RF-IC等の集積回路技術、信号増幅器技術、多数同時接続時の通信品質向上技術の開発を行う。また、ソフトウェア基地局の自動最適化技術、CU・DU・RUを含めた基地局の仮想化、柔軟化に関する研究開発も実施する。

(d) 革新的応用システム技術

ポスト5G後半以降、産業のスマート化、物流、建築、農業、健康・医療、教育、遠隔オフィス等、様々な分野で5Gや5Gの次の通信世代の利用を広げ、有効性を実感してもらうためには、新しく独創性に富む応用システム（アプリケーション）のユースケース開拓・拡大を進めることが重要となる。産業用途を鑑みると、低遅延・多数同時接続及び複数情報の同期技術などの性能要求がさらに高まり、ポスト5Gや5Gの次の通信世代の通信システムのインフラのみならず、そのシステム上でエンドツーエンド通信を行うエッジ端末や応用システムも含めて開発し性能を担保する必要がある。一方、ポスト5Gや5Gの次の通信世代をさまざまな産業に普及させるためには、教師無し学習など新たなAI技術を適用した自律的なネットワークの保守・運用技術の開発により、導入の敷居を下げる必要がある。

これらに対応すべく、本開発項目では、ポスト5G後半以降の情報通信システムを活用することにより新規に創出されるユースケースを特定し、エンドツーエンドで求められるエッジ端末や応用システム等における課題を明確化し、その課題を解決する技術を開発する。

(e) MEC関連技術

ポスト5Gネットワークの低遅延性・多数同時接続とIoT、AI等の活用により多様な産業活動や国民生活のスマート化が期待されている。このうち、低遅延性を実現するためには、これまでのデータ集約・処理型のクラウドサーバーに加えて、基地局制御部や5Gコアネットワークの設置場所等、よりユーザーに近いエリアでのデータ処理を可能とするMECサーバーの普及が求められる。また、低遅延ネットワークを実現するためには、MEC、ネットワーク構成機器、MECと情報通信するエッジデバイス自体の高性能化も求められる。これらの取組を進めることによりデータの伝送距離の短縮、伝送量削減による低消費電力化が期待される。

このため、本開発項目では、ポスト5G後半以降のさらなる低遅延かつ低消費電力な情報通信システムを実現するため、MECのみならず、ネットワーク構成機器、MECと情報通信するエッジデバイス自体の低遅延化、高性能・低消費電力化に係る技術について開発を行う。

### 3. 研究開発の実施・マネジメント体制等

#### (1) 研究開発計画

ポスト5G情報通信システムの開発（委託）

番号	事業者	2020年 度	2021年 度	2022年 度	2023年 度	2024年 度	
A-a1	日本電気	[Progress bar from 2020 to mid-2022]					
A-a2	楽天モバイル	[Progress bar from 2020 to early 2022]					
A-b1	富士通	[Progress bar from 2020 to mid-2022]					
A-b2	NTT エレクトロニクス/ 富士通/日本電気	[Progress bar from 2020 to mid-2022]					
A-b3	産総研/ソニーセミコン ダクタソリューションズ	[Progress bar from 2020 to mid-2022]					
A-b4	日本電気		[Progress bar from early 2021 to mid-2023]				
A-b5	日本電気		[Progress bar from early 2021 to mid-2023]				
A-b6	三菱電機		[Progress bar from early 2021 to mid-2023]				
A-b7	JVC ケンウッド/エピフ オトニクス		[Progress bar from early 2021 to mid-2023]				
A-c1-1	富士通	[Progress bar from 2020 to early 2022]					
A-c1-2	楽天モバイル	[Progress bar from 2020 to early 2022]					
A-c2-1	日本電気	[Progress bar from 2020 to early 2022]					
A-c2-2	富士通	[Progress bar from 2020 to early 2022]					
A-c3	富士通/日本電気	[Progress bar from 2020 to early 2022]					
A-c4	住友電工	[Progress bar from 2020 to early 2022]					
A-c5	アイオーコア	[Progress bar from 2020 to early 2022]					
A-c6	富士通		[Progress bar from early 2021 to mid-2023]				
A-c7-1	日本電気		[Progress bar from early 2021 to mid-2023]				
A-c7-2	富士通		[Progress bar from early 2021 to mid-2023]				
A-d1	ソシオネクスト		[Progress bar from early 2021 to early 2022]				
A-d2	キオクシア		[Progress bar from early 2021 to early 2022]				

番号	事業者	2020年 度	2021年 度	2022年 度	2023年 度	2024年 度
A-e1	エイビット／大阪大学／ 情報通信機構					
A-e2	テクノアクセルネットワ ークス					

※A-e2 は本中間評価の評価対象外。

— ステージゲート審査委員会

先導研究（委託）

テーマ	事業者	2020年 度	2021年 度	2022年 度	2023年 度	2024年 度
AS-a1	アラクサラネットワークス					
AS-a2	ソフトバンク					
AS-a3	APRESIA Systems／富士通／イ ンターネットイニシアティブ ／東京大学					
AS-a4	東芝					
AS-a5-1	KDDI／東京大学					
AS-a5-2	Preferred Networks					
AS-b1	東京工業大学／富士フイルム ビジネスイノベーション／情 報通信研究機構					
AS-b2	産業技術総合研究所／京セラ					
AS-b3	富士通／KDDI 総合研究所					
AS-b4	沖電気工業／東北大学電気通 信研究所					
AS-c1-1	産業技術総合研究所／T D K ／大阪大学					
AS-c1-2	ルネサスエレクトロニクス／ Renesas Electronics America					
AS-c2-3	広島大学／三菱電機／産業技 術総合研究所					
AS-c3	ダイセル					
AS-c4	三菱電機／湘南工科大学					
AS-c5	富士通					
AS-c6	楽天モバイル／日本電気／N E C ネットズエスアイ／東京大 学					

AS-d1	日立製作所	
AS-d2	東芝	
AS-d3-1	北海道大学／B I P R O G Y ／テクノフェイス	
AS-d3-2	エムスクエア・ラボ	
AS-d3-3	情報通信研究機構／日本電波 工業／東京大学／広島大学／ 東北大学	
AS-e1	セイコーNPC	
AS-e2	日本電気	

ステージゲート審査委員会

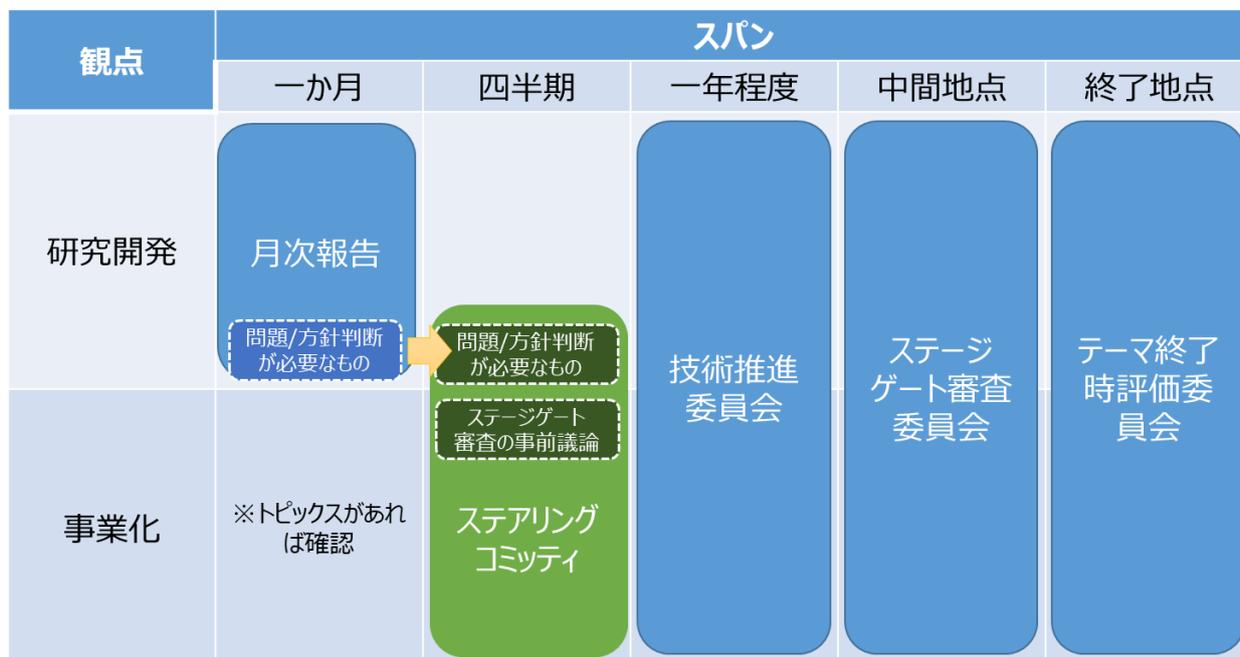
## (2) 資金配分

(単位：百万円)

研究開発項目	2020年度	2021年度	2022年度 (見込み)	総執行額	総予算額 (採択決定額)
ポスト5G情報通信システムの開発(委託)	14,709	34,590	29,022	78,320	91,858
先導研究(委託)	429	2,535	1,832	4,795	5,780
合計	15,137	37,125	30,853	83,115	97,638

### (3) 研究開発の実施・マネジメント体制

以下の運営方針に従い研究開発の進捗状況や事業化に向けた取組状況等のマネジメントを実施している。



#### ■月次報告

全テーマを対象として研究開発の進捗状況を月次レベルで確認し、課題や方針判断等が必要な事項の確認等のマネジメントを実施している。

#### ■ステアリングコミッティ

月次報告の中で方針判断等の議論が必要な事項がある場合、さらには事業者の事業化に向けた取組状況の確認のため、経済産業省／NEDO／事業者で構成されるステアリングコミッティを開催し、方針決定や事業環境の状況確認を実施している。

#### ■技術推進委員会

第三者の目線かつ専門家の立場からご助言等を頂く技術推進委員会を実施し、ステージゲート審査委員会やテーマ終了時評価委員会の審査基準を見据えながら、研究開発の進捗や実用化・事業化に向けた取組状況等の確認をして研究開発パート、事業化パートでそれぞれ5点満点の評価点を付けている。また、委員によりご指摘頂いた点を事業者にもフィードバックしながら今後のマネジメントに反映している。

#### ポスト 5G 情報通信システムの開発（委託）

<<第1回>>

開催日 : 2021年5月24日、25日

対象テーマ : 2020年度に採択した全12テーマ (A-a1, A-a2, A-b1, A-b2, A-b3, A-c1-1, A-c1-2, A-c2-1, A-c2-2, A-c3, A-c4, A-c5)

<<第2回>>

開催日 : 2022年3月30日  
対象テーマ : 2021年度に採択決定した2テーマ (A-d1, A-d2)

<<第3回>>

開催日 : 2022年9月20日、21日、25日  
対象テーマ : 2020年度および2021年度に採択決定した全19テーマ (A-a1, A-b1, A-b2, A-b3, A-b4, A-b5, A-b6, A-b7, A-c1-1, A-c1-2, A-c2-1, A-c2-2, A-c3, A-c4, A-c5, A-c6, A-c7-1, A-c7-2, A-e1)

先導研究 (委託)

<<第1回>>

開催日 : 2021年10月22日  
対象テーマ : 2020年度に採択した4テーマ (AS-a3, AS-b2, AS-c6, AS-d1)

<<第2回>>

開催日 : 2022年3月17日、18日、23日  
対象テーマ : 2020年度に採択した18テーマ (AS-a1, AS-a2, AS-a4, AS-a5-1, AS-a5-2, AS-b1, AS-b3, AS-b4, AS-c1-1, AS-c1-2, AS-c2, AS-c3, AS-c4, AS-c5, AS-d2, AS-d3-1, AS-d3-2, AS-d3-3)

<<第3回>>

開催日 : 2022年3月30日  
対象テーマ : 2021年度に採択した2テーマ (AS-e1, AS-e2)

■ステージゲート審査委員会

各テーマの中間地点において研究開発の後半の実施可否等を判断している。ステージゲート審査委員会は以下審査基準に従い、100点満点で採点をしている。委員の平均点が60点以上の場合は原則研究開発を継続、平均点が60点未満の場合は特記事項を踏まえて研究開発継続可否を検討、40点未満の場合は原則研究開発終了対象としている。

ポスト5G情報通信システムの開発 (委託)

<<審査基準>>

審査項目		審査観点
技術的 評価	研究開発計画・目標の妥当性	・技術動向や市場ニーズの変化を踏まえ開発計画・目標は引き続き妥当な内容か。

	研究開発目標に対する達成状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究開発の進捗は順調か。具体的かつ客観的な根拠が示されているか。</li> <li>中間目標や最終目標を目標時期に達成する可能性は高いか。達成時期の前倒しの可能性はあるか。</li> </ul>
	研究開発成果の新規性・優位性	<ul style="list-style-type: none"> <li>中間目標や最終目標に向けて期待される成果は、国内外の競合他社の製品、開発内容（将来見込み含む）と比べて新規性・優位性があるか。</li> <li>具体的かつ客観的なデータに基づき分析されているか。</li> </ul>
事業化評価	事業化戦略の妥当性・市場獲得の実現性	<ul style="list-style-type: none"> <li>市場環境の変化を踏まえ、事業化戦略は引き続き妥当な内容か。</li> <li>事業化戦略、事業化に向けた取り組みを踏まえ、事業化計画の目標を達成し、市場獲得する見込みは高いか。</li> <li>想定している市場の規模や創出は具体的かつ客観的なデータに基づき分析されているか。</li> </ul>
	事業化に向けた取組状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究開発期間中に製品化の見込みが得られたものについては早期の製品化や、ユーザーによる試作品の評価など具体的な商談実績、計画があるか。</li> <li>特許申請、標準化活動など積極的な市場獲得、拡大の取り組みを行っているか。</li> </ul>
	事業上における優位性	<ul style="list-style-type: none"> <li>性能、価格、体制、商談実績など国内外の競合他社との市場競争における優位性があるか（将来見込み含む）。</li> <li>具体的かつ客観的なデータに基づき分析されているか。</li> </ul>

#### <<第1回>>

開催日 : 2021年8月20日  
対象テーマ : 2020年度に採択した1テーマ(A-a2)  
審査結果 : 継続(条件付き) / 100%通過

#### <<第2回>>

開催日 : 2022年1月12日、13日  
対象テーマ : 2020年度に採択した11テーマ(A-a1, A-b1, A-b2, A-b3, A-c1-1, A-c1-2, A-c2-1, A-c2-2, A-c3, A-c4, A-c5)  
審査結果 : 全件継続(うち2件条件付き) / 100%通過

#### <<第3回>>

開催日 : 2022年11月7日  
対象テーマ : 2021年度に採択した1テーマ(A-d2)

審査結果 : 継続 (条件付き) /100%通過

先導研究 (委託)

<<審査基準>>

審査項目		審査観点
技術的 評価	実施計画・目標の妥当性	・技術動向や市場ニーズの変化を踏まえ実施計画、目標は引き続き妥当な内容か。
	目標の達成状況	・中間目標は達成しているか。具体的かつ客観的な根拠が示されているか。 ・最終目標を目標時期に達成する可能性は高いか。達成時期の前倒しの可能性はあるか。
	成果の新規性・優位性	・中間目標までの研究開発成果、最終目標に向けて期待される成果は、国内外の競合他社の技術、開発内容 (将来見込み含む) と比べて新規性・優位性があるか。 ・具体的かつ客観的なデータに基づき分析されているか。
	知財・標準化の取組	・研究開発と並行して、ポスト 5G 後半から 6G 世代を見据えた戦略的な知財獲得、標準化活動を実施しているか。
事業化 評価	事業化戦略の妥当性	・ポスト 5G 後半から 6G 世代を見据えて、実用化・事業化に向けた計画が中長期的な視点で具体的に検討されており妥当か。また、その実現に向けて取り組みがなされているか。 ・本成果を活用した将来の製品やサービス等は、ポスト 5G 後半から 6G 世代の通信システムに適用され、一定のシェア獲得のポテンシャルがあるか。
	波及効果	・開発される製品・サービスにより、我が国の国民生活や経済、産業等への波及効果が期待できるか。

<<第 1 回>>

開催日 : 2021 年 11 月 25 日

対象テーマ : 2020 年度に採択した 4 テーマ (AS-a3, AS-b2, AS-c6, AS-d1)

審査結果 : 全件継続 (うち 1 件条件付き) /100%通過

<<第 2 回>>

開催日 : 2022 年 5 月 13 日、20 日

対象テーマ : 2020 年度に採択した 17 テーマ (AS-a1, AS-a2, AS-a5-1, AS-a5-2, AS-b1, AS-b3, AS-b4, AS-c1-1, AS-c1-2, AS-c2, AS-c3, AS-c4, AS-c5, AS-d2, AS-d3-1, AS-d3-2, AS-d3-3)

審査結果 : 全件継続 (うち 4 件条件付き) /100%通過

<<第 3 回>>

開催日 : 2022 年 10 月 27 日

対象テーマ : 2020 年度に採択した 1 テーマ (AS-a4)

審査結果 : 継続 (条件付き) /100%通過

<<第 4 回>>

開催日 : 2022 年 11 月 7 日

対象テーマ : 2021 年度に採択した MEC 関連 2 テーマ (AS-e1, AS-e2)

審査結果 : 全件継続 (うち 1 件条件付き) /100%通過

**■テーマ終了時評価委員会**

各テーマの終了時点において、研究開発の最終目標の達成状況、実用化・事業化に向けた取組状況について確認し、技術的評価と事業化評価それぞれ 5 点満点で評価を実施している。

技術的評価においては、最終目標通り達成した場合は評価点「3」を基準とし、期待以上の結果が出ており+αの要素がある場合は「4」or「5」、未達等の項目があれば「2」or「1」と評価する。事業化評価においては、事業化に向けた適切な取り組みがなされている場合は「3」を基準とし、一部の事業化が既に始まっている等で市場獲得の見込みが高く+αの要素がある場合は「4」or「5」、取り組み内容で不十分な項目があれば「2」or「1」と評価する。

また、各方面の専門家の観点から今後の実用化・事業化に向けた助言等をいただき、事業者にフィードバックしている。

ポスト 5G 情報通信システムの開発 (委託)

<<審査基準>>

評価項目		評価観点
技術的 評価	研究開発計画・目標の妥当性	・技術動向や市場ニーズの変化を踏まえ開発計画・目標は妥当な内容であったか。
	研究開発目標に対する達成状況	・最終目標は達成したか。具体的かつ客観的な根拠が示されているか。
	研究開発成果の新規性・優位性	・最終目標で達成した成果は、国内外の競合他社の製品、開発内容 (将来見込み含む) と比べて新規性・優位性があるか。具体的かつ客観的なデータに基づき分析されているか。

事業化 評価	事業化戦略の妥当性・市場 獲得の実現性	<ul style="list-style-type: none"> <li>市場環境の変化を踏まえ、事業化戦略は引き続き妥当な内容か。</li> <li>事業化戦略、事業化に向けた取り組みを踏まえ、事業化計画の目標を達成し、市場獲得する見込みは高いか。</li> <li>想定している市場の規模や創出は具体的かつ客観的なデータに基づき分析されているか。</li> </ul>
	事業化に向けた取組状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究開発期間中に製品化の見込みが得られたものについては早期の製品化や、ユーザーによる試作品の評価など具体的な商談実績、計画があるか。</li> <li>特許申請、標準化活動など積極的な市場獲得、拡大の取り組みを行っているか。</li> </ul>
	事業上における優位性	<ul style="list-style-type: none"> <li>性能、価格、体制、商談実績など国内外の競合他社との市場競争における優位性があるか（将来見込み含む）。</li> <li>具体的かつ客観的なデータに基づき分析されているか。</li> </ul>

<<第1回>>

開催日 : 2022年9月25日

対象テーマ : 2020年度に採択した1テーマ(A-a2)

**先導研究（委託）**

<<審査基準>>

審査項目		審査観点
技術的 評価	実施計画・目標の妥当性	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術動向や市場ニーズの変化を踏まえ実施計画、目標は引き続き妥当な内容か。</li> </ul>
	【重点項目】 目標の達成状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>最終目標は達成しているか。具体的かつ客観的な根拠が示されているか。</li> </ul>
	成果の新規性・優位性	<ul style="list-style-type: none"> <li>中間目標までの研究開発成果、最終目標に向けて期待される成果は、国内外の競合他社の技術、開発内容（将来見込み含む）と比べて新規性・優位性があるか。</li> <li>具体的かつ客観的なデータに基づき分析されているか。</li> </ul>
	【重点項目】 知財・標準化の取組	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究開発と並行して、ポスト5G後半から6G世代を見据えた戦略的な知財獲得、標準化活動を実施しているか。</li> </ul>
事業化 評価	【重点項目】 事業化戦略の妥当性	<ul style="list-style-type: none"> <li>ポスト5G後半から6G世代を見据えて、実用化・事業化に向けた計画が中長期的な視点で具体的に検討されており</li> </ul>

	商用化開発または事業化の見込み	<p>妥当か。また、その実現に向けて取り組みがなされ、商用化に向けた開発または事業化の見込みが立っているか。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本成果を活用した将来の製品やサービス等は、ポスト 5G 後半から 6G 世代の通信システムに適用され、一定のシェア獲得のポテンシャルまたはデザインインの見込みがあるか。</li> </ul>
	波及効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・開発される製品・サービスにより、我が国の国民生活や経済、産業等への波及効果が期待できるか。</li> </ul>

<<第1回>>

開催日 : 2022年10月27日

対象テーマ : 2020年度に採択した3テーマ(AS-a3、AS-b2、AS-c6)

**(4) 知財や研究開発データの取扱い**

本事業の成果に依る知的財産や研究開発データの取り扱いについては、経済産業省が定める「委託研究開発における知的財産マネジメントに関する運用ガイドライン」及びその別冊である「委託研究開発におけるデータマネジメントに関する運用ガイドライン」に従うことを原則とする。

NEDOが委託を行って実施する開発テーマについては、開発テーマ又は開発テーマを構成する研究項目ごとに知財委員会を委託先に設置し、知財委員会において、研究開発成果に関する論文発表及び特許等（以下「知財権」という。）の出願・維持等の方針決定等のほか、必要に応じて、知財権の実施許諾に関する調整等がなされるようNEDOが助言・指導を行う。

#### 4. 事業アウトプット

##### (1) 研究開発目標

###### ポスト5G情報通信システムの開発（委託）

研究開発項目	実施者	開発対象	開発目標
(a1) クラウド型コアの高度化技術の開発	日本電気株式会社	3GPPの仕様（リリース15～17）に準拠しクラウド基盤上で動作する5Gコアを実現するソフトウェア技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ U-planeにおける単位計算リソース当たりのユーザデータの処理性能</li> <li>※研究開発開始時点で普及している製品（クラウド基盤上での動作を前提としていないもの）と比較して同等以上</li> <li>※例えば、「Gbps/CPUコア」で表される処理性能。</li> <li>・ C-planeにおける単位計算リソース当たりの制御信号の処理性能</li> <li>※研究開発開始時点で普及している製品（クラウド基盤上での動作を前提としていないもの）と比較して同等以上</li> <li>※例えば、「TPS/CPUコア」で表される処理性能。TPSは、Transaction Per Secondを表す。</li> </ul>
(a2) クラウド型ネットワーク統合管理・自動最適化技術の開発	楽天モバイル株式会社	<p>情報通信ネットワークの機能がクラウド基盤を利用して提供されることを前提として、OSS(Operation Support System)及びMANO (Management and Network Orchestration) に、アプリケーションの要求に応じたネットワークスライスを無線アクセスネットワーク (RAN:Radio Access Network) からコアまでエンドツーエンドで生成・管理する機能や、情報通信ネットワークから収集した情報を基にリアルタイムで品質の監視・劣化予測等を行う機能及び当該予測等に基づきリアルタイムで</p>	<p>5G 情報通信ネットワークの構築及び運用に関する自動化率(※):研究開発開始時点の自動化率と比較して30%以上向上</p> <p>※構築及び運用に必要な全作業量（例えば、「工数(人日)」で表される作業量）のうち、自動化可能な作業量の割合を表す。</p>

研究開発項目	実施者	開発対象	開発目標
		計算リソースの最適配置を行う機能等を搭載するためのソフトウェア技術	
(b1) 光伝送システムの高速化技術の開発	富士通株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1 波長当たり最大伝送速度 1Tbps 以上の光伝送装置を実現する技術（当該装置を実現するためのデバイス・ソフトウェア等を含む）</li> <li>・伝送路運用（伝送品質、伝送リソース、消費電力等）の自動最適化技術</li> </ul> <開発目標> <ul style="list-style-type: none"> <li>・光伝送装置における 1 ポート（1Tbps 以上）の消費電力性能：120mW/Gbps 以下</li> </ul>	光伝送装置における 1 ポート（1Tbps 以上）の消費電力性能：120mW/Gbps 以下
(b2) 光伝送用 DSP の高速化技術の開発	NTT エレクトロニクス株式会社  日本電気株式会社  富士通株式会社	デジタルコヒーレント光伝送で用いる最大伝送速度 1Tbps 以上の DSP を実現する技術	DSP の消費電力性能 (W/bps)：研究開発開始時点で普及している製品と比較して 1/5 以下
(b3) 微細化の進展に対応した高速不揮発性メモリ技術の開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所  ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社	5nm 以降のロジック半導体製造プロセスに対応した不揮発性メモリアレイを実現する技術（当該メモリアレイを実現するための素子を含む） ※当該メモリアレイを用いることにより実現可能な新たな光伝送技術についても、必要に応じて、開発対象	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メモリアレイの 1 ビット当たり書き込み時間：10ns 以下</li> <li>・メモリアレイの 1 ビット当たり書き込みエネルギー：1fJ 以下</li> <li>・メモリアレイの書き換え可能回数：1015 回以上</li> </ul>

研究開発項目	実施者	開発対象	開発目標
		に含めることが可能。	
(b4) 固定無線伝送システム大容量化技術の開発	日本電気株式会社	最大伝送速度 25Gbps 以上のミリ波帯固定無線伝送装置を実現する技術（当該装置を実現するためのデバイス・ソフトウェア等を含む）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・伝送速度：25Gbps 以上</li> <li>・送信パワー：10dBm 以上（25Gbps 伝送時に達成すること）</li> </ul>
(b5) バス型伝送高度化技術の開発	日本電気株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ケーブル分岐機能を備えたバス型伝送トポロジにより島しょ部等において効率的に伝送路（基地局～モバイルコア区間の MBH）を構築する技術</li> <li>・給電装置をブランチ部に設置しないバス型伝送システムにおいて、ブランチケーブル長を延伸する技術</li> <li>・トランクからブランチへの給電電力の高出力化を実現する技術</li> </ul> <p>※トランクとはバス型伝送路において共有区間となる幹線部分を指す。  ※ブランチとはトランクからケーブル分岐機能により枝分かれする支線部分を指す。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トランクからブランチへの給電電力：400W 以上</li> <li>・ブランチ区間長：200km 以上</li> </ul> <p>光中継装置の消費電力：研究開発開始時の普及品に対し 20%減</p>
(b6) 超高速光リンク技術の開発	三菱電機株式会社	超高速イーサネット用光デバイスを実現する技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・変調方式：強度変調</li> <li>・伝送速度：200Gbps/波長以上</li> <li>・ON/OFF 比：5dB 以上</li> <li>・伝送距離：1km 以上</li> </ul>
(b7) 光スイッチ高度化技術の開発	株式会社 JVC ケンウッド  エピフォトニクス株式会社	フレックスグリッド用光スイッチの光学特性向上、入出力ポート数拡大を実現する技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・挿入損失：8dB 以下</li> <li>・周波数分解能：6.25GHz 以下</li> <li>・スイッチ規模：1xN 型で 1x20 が 4 並列以上、MxN 型で 8x16 以上</li> </ul> <p>※MxN 型は M が入力ポート数、N が出力ポート数を表す。1xN 型、MxN 型の目標値をそれぞれ実現すること。</p>

研究開発項目	実施者	開発対象	開発目標
			・消費電力:研究開発開始時点の普及品に対しポート当たり 50%以上削減
(c1) 仮想化基地局制御部の高性能化技術の開発	楽天モバイル株式会社 富士通株式会社	・ 3GPP の仕様 (リリース 15~17) に準拠し、ネットワークスライシングに対応した 5G 基地局制御部を汎用ハードウェア上で実現するソフトウェア技術 ※5G 基地局制御部は、「CU (Central Unit) 及び DU (Distributed Unit)」を表す。	・ 5G 基地局制御部に関する単位伝送速度当たりの CAPEX (設備投資コスト) 及び OPEX (運用コスト) (円/bps) ※研究開発開始時点で普及している製品 (専用ハードウェアで機能を実現するもの) と比較して 30%以上削減 ・ 多数同時接続もしくは超低遅延の実現に寄与する 5G 基地局制御部の中核技術に関する性能: 研究開発開始時点で普及している製品 (専用ハードウェアで機能を実現するもの) と比較して 3 倍以上 (※) ※例えば、「5G 基地局への端末の同時接続数: 研究開発開始時点で普及している製品 (専用ハードウェアで機能を実現するもの) と比較して 3 倍」といった形で設定。
(c2) 基地局無線部の高性能化技術の開発	日本電気株式会社 富士通株式会社	・ 3GPP の仕様 (リリース 15~17) に準拠し、ビームフォーミング機能を備えた 5G 基地局無線部を実現する技術 (当該装置を実現するためのデバイス・ソフトウェア等を含む) ※5G 基地局無線部は、RAN の機能を低いレイヤ (Lower Layer) で分割する場合には「RU (Radio Unit)」、高いレイヤ (Higher Layer) で分割する場合には「RU 及び DU」を表す。	・ 5G 基地局無線部の単位システム容量当たり装置サイズ (m <sup>3</sup> /(bps/Hz/km <sup>2</sup> )) 及び消費電力 (W/(bps/Hz/km <sup>2</sup> )) (A) 研究開発開始時点で普及している製品と比較して装置サイズ 1/2 以下かつ消費電力同等以下又は (B) 研究開発開始時点で普及している製品と比較して装置サイズ同等以下かつ消費電力 70%以下 ※システム容量は、単位面積当たり・単位周波数帯域当たりの伝送速度 (bps/Hz/km <sup>2</sup> ) を表す。 ・ 多数同時接続もしくは超低遅延の実現に寄与する 5G 基地局無線部の中核技術に関する性能: 研究開発終了時点で想定される世界最高水準の性能 (※) ※例えば、「5G 基地局への端末の同時接続数: X 台/km <sup>2</sup> 」といった形で設定。
(c3) 基地局装置間の相互接続性等の評価・検証技術の開発	富士通株式会社 日本電気株式会社	・ 0-RAN のインターフェイス仕様に基づいた装置について、異なるベンダーの装置間の相互接続性及び当該接続が情報通信ネットワーク全体に与える影響を評価・検証するための技術 (評価・検証	・ 海外における評価・検証環境の設置件数: 1 件以上 ・ 開発した技術を用いて相互接続性等の評価・検証を行った装置の組み合わせ: 10 通り以上

研究開発項目	実施者	開発対象	開発目標
		<p>等に必要のプロセス、ツール、ソフトウェア等を含む)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・当該技術を開発するための評価・検証環境の設置</li> </ul> <p>※複数のベンダーの装置で基地局を構成する取組を、国際的に普及させる観点から、当該評価・検証環境は、原則として海外に設置し、海外のユーザーのニーズを取り込みながら開発を実施する。</p>	
(c4) 高周波デバイスの高出力・小型化技術の開発	住友電気工業株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高出力の基地局向け高周波 GaN デバイスの製造に用いる基板の結晶成長技術</li> <li>・当該技術を用いて製造する基地局向け高周波 GaN デバイス (Sub-6GHz 帯向けデバイス及びミリ波帯 (28GHz 以上) 向けデバイス) を実現する技術</li> </ul> <p>※当該デバイスを利用した増幅器や、基地局への当該増幅器の搭載を効率化する上で有効なモジュール化技術等についても、必要に応じて、開発対象に含めることが可能。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Sub-6GHz 帯向け高周波 GaN デバイスの出力電力密度：25W/mm 以上</li> <li>・ ミリ波帯向け高周波 GaN デバイスの出力電力密度：12W/mm 以上</li> </ul>
(c5) 高温動作可能な光接続技術の開発	アイオーコア株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基地局 (RU) のアレイアンテナシステム内に搭載可能なシリコンフォトリクス光トランシーバを実現する技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 光トランシーバの消費電力性能：4mW/Gbps 以下</li> <li>・ 光トランシーバの最大伝送速度：1Tbps/cm<sup>2</sup> 以上</li> <li>・ 光トランシーバが正常動作可能な環境温度：100°C 以上</li> </ul>

研究開発項目	実施者	開発対象	開発目標
		<p>・当該トランシーバを RU のアレイアンテナシステム内に搭載し、アレイアンテナとその制御回路等を光配線により接続するための実装技術（実装に必要なモジュール化を含む）</p> <p>※アレイアンテナシステムとは、アンテナアレイとその制御回路等から成るシステム</p>	
(c6) 高周波帯アンプ一体型アレイアンテナ実装技術の開発	富士通株式会社	<p>・ミリ波帯（40GHz以上）で動作しビーム制御が可能なアンプ一体型アレイアンテナモジュールにおいて、高い放熱効率を実現する実装技術の開発</p> <p>・スモールセルやインドア用途を想定した高効率なアンプを実現する技術の開発</p>	<p>・アレイアンテナ素子数：4x4 以上</p> <p>・熱源（アンプ）からヒートシンクまでの熱抵抗：1.0K/W 以下</p> <p>・出力パワー：5mw/アンテナ素子以上（40~50GHzの場合）</p> <p>※出力パワーは、他の周波数帯の場合はスモールセル・インドア用途で必要と認められる値を設定するものとする</p>
(c7) RAN 制御高度化技術の開発	日本電気株式会社 富士通株式会社	0-RAN 標準の RIC (RAN Intelligent Controller) により産業用途アプリケーションに応じた RAN 制御を実現する技術	<p>・ Non-RT RIC の rApp 機能もしくは Near-RT RIC の xApp 機能のいずれか、あるいは両方を用いた、産業アプリケーションに応じた RAN 制御の有効性検証：合計 2 件以上</p> <p>※有効性検証として、例えばアプリケーションに応じた制御モデル構築と動作検証、アプリケーションに応じた RAN 制御と QoE (Quality of Experience) の関係明確化等、産業用途の RIC 活用・製品競争力向上に資すると認められるものを実施する。</p> <p>※有効性検証において少なくとも 1 件は対象とするアプリケーションで必要な実機を用いたものとする。</p> <p>・開発した rApp または xApp またはその両方が動作する RIC と、0-RAN のインターフェイス仕様に準拠した基地局装置との相互接続性の評価/検証：異なるベンダーの基地局装置を用いて 2 通り以上</p>

研究開発項目	実施者	開発対象	開発目標
			※評価／検証のうち 1 通りは自社開発の基地局装置を含めることが可能。また、自社開発品ではない基地局装置を用いた検証が困難な場合は、0-RAN 準拠製品を模擬できることが確認されたシミュレータや試験装置等を用いてもよい。
(d1) MEC 向け大規模先端ロジックチップ設計技術の開発	株式会社ソシオネクスト	・先端ロジック世代 (3nm ノード以降※) の AI 処理可能な SoC 設計技術、スケーラブルなマルチチップシステム (2.5 次元・3 次元実装、チップレットパッケージ等の SiP(System in package) モジュール) を実現するための設計技術、システムアーキテクチャ技術、テスト手法を含むその他の関連する設計環境の開発。 ※IEEE の IRDS (International Roadmap for Devices and Systems™) 2020 中の「Logic industry “Node Range” labeling (nm)」における「3」以降を意味する。	・チップレット※1 間インターフェイス性能 (FOM※2) : 3(Tbps/mm)/(pj/bit) 以上 ・SiP モジュール間の帯域 : 400Gbps 以上 ・AI 処理性能 (チップレット単体) : 20TOPS/W 以上 ・AI 処理性能 (SiP モジュール) : 300TOPS 以上 ※1 SiP 内の単体チップを意味する。 ※2 Figure of Merit の略。1 ビットのデータ伝送に必要なエネルギー (pj/bit) で規格化した 1mm 当たりのデータ伝送量 (Tbps/mm)。FOM 値が大きいほど高効率なシステムを意味する。
(d2) MEC サーバー向け広帯域・大容量メモリモジュール設計技術の開発	キオクシア株式会社	ビッグデータ処理向けの低消費電力かつ広帯域、大容量なメモリモジュールの設計	・メモリモジュールの消費電力 : 40W 以下 ・メモリモジュールの容量 : 2TB 以上 ・メモリモジュールの帯域 : 64GB/s 以上
(e1) 端末通信機能構成技術の開発	株式会社エイビット	・3GPP の仕様 (リリース 15~17) に準拠し、超低遅延通信を実現する通信機能部を構成する技術 ・通信設定を柔軟に変更し様々な用	・超低遅延の実現に寄与する 5G 端末通信機能部の中核技術に関する性能 : 研究開発終了時点で想定される世界最高水準の性能 ※例えば、「端末内処理遅延 : Xmsec 以下」といった形で設定。 ・通信設定をユーザーが変更できる機能を具備すること

研究開発項目	実施者	開発対象	開発目標
		途／端末に対応可能な通信制御技術	<p>※変更可能な通信設定とは、例えば大容量通信モードと超低遅延通信モードの切り替え、上下の帯域割り当て比率等、産業用途で必要と考えられるものを開発目標として設定。</p> <p>・開発した端末通信機能を備えた通信チップ・モジュールと、基地局装置との相互接続性の評価／検証：異なるベンダーの基地局装置を用いて2通り以上</p> <p>※相互接続性の評価／検証は少なくとも1通りはローカル5G基地局を用いての実施を必須とする。評価／検証のうち1通りは、接続性評価／検証に必要な機能を備えたシミュレータや試験装置等を用いてもよい。</p>

#### 先導研究（委託）

研究開発項目	実施者	開発対象
(a) ネットワーク 関連技術	アラクサラネットワークス株式会社	(a1) ネットワーク関連技術
	ソフトバンク株式会社	(a2) リアルタイム制御技術（超低遅延性）
	APRESIA Systems 株式会社 富士通株式会社 株式会社インターネットイニシアティブ 国立大学法人東京大学	(a3) オープンソースソフトウェア技術（柔軟性・低コスト）
	株式会社東芝	(a4) セキュア通信技術（超安全性）
	KDDI 株式会社 国立大学法人東京大学	(a5) クラウドサーバーやMECサーバーの低消費電力化技術（超低消費電力性）
	株式会社 Preferred Networks	(a5) クラウドサーバーやMECサーバーの低消費電力化技術（超低消費電力性）
	(b) 伝送路関連 技術	国立大学法人東京工業大学 富士フイルムビジネスイノベーション株式会社 国立研究開発法人情報通信研究機構
国立研究開発法人産業技術総合研究所 京セラ株式会社		(b2) MEC内通信向け光インターコネクト技術
富士通株式会社 株式会社 KDDI 総合研究所		(b3) メトロ・長距離網向け光伝送ネットワークの大容量化技術
沖電気工業株式会社 国立大学法人東北大学電気通信研究所		(b4) 光アクセスネットワークの仮想化技術
(c) 基地局関連 技術		国立研究開発法人産業技術総合研究所 TDK株式会社 国立大学法人大阪大学
	ルネサスエレクトロニクス株式会社	(c1) 新規アンテナ技術

	Renesas Electronics America Inc.	
	国立大学法人広島大学 三菱電機株式会社 国立研究開発法人産業技術総合研究所	(c2) ミリ波・テラヘルツ帯向け集積回路技術
	株式会社ダイセル	(c3) 新規基板材料等の高機能材料技術
	三菱電機株式会社 学校法人湘南工科大学	(c4) 基地局増幅器のための広帯域化回路技術
	富士通株式会社	(c5) ソフトウェア基地局の自動最適化技術
	楽天モバイル株式会社 日本電気株式会社 NECネットエスアイ株式会社 国立大学法人東京大学	(c6) 基地局の仮想化、柔軟化技術
(d) 革新的応用システム技術	株式会社日立製作所	(d1) デジタルツイン実現のための高精度測位・同期制御技術
	株式会社東芝	(d2) MEC利用によるアダプティブロボット群リアルタイム制御技術
	国立大学法人北海道大学 BIPROGY株式会社 株式会社テクノフェイス	(d3) 革新的応用システム基盤技術
	株式会社エムスクエア・ラボ	(d3) 革新的応用システム基盤技術
	国立研究開発法人情報通信研究機構 日本電波工業株式会社 国立大学法人東京大学 国立大学法人広島大学 国立大学法人東北大学	(d3) 革新的応用システム基盤技術
(e) MEC関連技術	セイコーNPC株式会社	(e1) MECを構成する半導体、周辺デバイス等の高性能化・低遅延化
	日本電気株式会社	(e2) クラウドサーバーやMECサーバーの低消費電力化技術(超低消費電力性)

## (2) 研究開発の成果

### ポスト5G情報通信システムの開発（委託）

番号	研究開発項目		実施者	PJ ステータス	主な成果
A-a1	(a) コアネットワーク	(a1)クラウド型コアの高度化技術の開発	日本電気株式会社	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>クラウドネイティブなソフトウェアアーキテクチャで、3GPP標準のコアネットワーク機能のうちデータ通信制御にかかわる機能実装を実現した。</li> <li>データプレーン制御に関して、パケット転送効率の向上を図り、中間目標の110Gbps/KWを達成した。</li> </ul>
A-a2		(a2)クラウド型ネットワーク統合管理・自動最適化技術の開発	楽天モバイル株式会社	事業終了	<ul style="list-style-type: none"> <li>AIを用いた完全仮想化5Gスライスオーケストレーション高度化技術を他社に先駆けて開発した。</li> <li>ネットワークスライスの運用自動化やオーケストレーションを可能にし、柔軟、簡易、正確、効率的な運用システムの提供を実現した。</li> <li>ネットワークスライスの構築から運用における自動化率目標70%に対して、77.5%と目標を上回る成果を達成した。</li> <li>2023年を目途に自社商用5G SAネットワークに本技術を導入し、ネットワークサービスの提供開始予定である。</li> <li>2023年を目途に本開発技術を組み込んだモバイルプラットフォーム「Symworld™」を世界の通信キャリアに拡販予定である。</li> <li>本開発技術関連の特許を170本出願済。</li> <li>24本の学会/講演会発表を実施済。</li> </ul>
A-b1	(b) 伝送路	(b1)光伝送システムの高速化技術の開発	富士通株式会社	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>サブシステムについて、DSPの原理試作を搭載した検証機試作の詳細設計と作成を完了した。</li> <li>テラビット光伝送システムの検証機試作の詳細設計を完了し、水冷方式について性能評価・着脱構造検証および気密性試験を実施し目標性能の達成を確認した。</li> <li>ネットワーク制御について検証機試作に搭載可能なモニタリングアルゴリズムの設計を完了した。</li> </ul>

番号	研究開発項目	実施者	PJ ステータス	主な成果
A-b2	(b2) 光伝送用 DSP の高速化技術の開発	NTT エレクトロニクス株式会社 富士通株式会社 日本電気株式会社	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラットフォーム全体でのシミュレーションによる動作検証等を完了した。</li> <li>原理試作設計を完了し、ファブでの LSI 製造工程に移行した。</li> <li>評価用ボードの設計を行い、ボードの製造を完了した。</li> <li>原理試作 LSI の製造を完了、評価ボードに搭載し評価を開始、基本動作を確認し、性能評価を実施中である。</li> </ul>
A-b3	(b3) 微細化の進展に対応した高速不揮発性メモリ技術の開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>300mm プロセス用スパッタ成膜の導入・立ち上げ完了した。</li> <li>低温成長プロセスを適用することで室温成長より低い磁気ダンプングを持つ記録層の作製に成功し書き込みエラー率の低減に寄与する技術を確立した。</li> <li>低温成長プロセスを用いて新たな記録層の作製に成功した。</li> <li>2021 年 12 月光ネットワークシステム、光伝送方法および通信装置に関する特許を出願済。</li> </ul>
A-b4	(b4) 固定無線伝送システム大容量化技術の開発	日本電気株式会社	2023 年 3 月頃にステージゲート実施予定	<ul style="list-style-type: none"> <li>GaN MMIC の高周波シミュレーションで、利得 16dB、飽和出力 29dBm を達成した。</li> <li>パッケージの高周波シミュレーションで、通過特性 0.3dB 程度を達成した。</li> <li>SiGe MMIC の高周波シミュレーションで、変換損失 11dB、IIP3 14dBm を達成した。</li> <li>E 帯 2 波による 20Gbps 無線伝送、E 帯 3 波による 25Gbps 無線伝送を達成した。</li> <li>E 帯とマイクロ波帯を組み合わせた論理リンクで、帯域利用効率 99%以上を実現した。</li> </ul>

番号	研究開発項目		実施者	PJ ステータス	主な成果
A-b5		(b5)バス型伝送高度化技術の開発	日本電気株式会社	2023年3月頃にステージゲート実施予定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ケーブルの給電技術の研究開発</li> <li>高出力電源供給回路：デバイス選定中で数種の回路から最適回路の評価・選定を進めている。</li> <li>・高効率海底光中継器の研究開発</li> <li>光アンプユニット試作と検証：省電力光アンプ回路の特性評価を進めており、目標としている効率向上が確認されている。</li> </ul>
A-b6		(b6)超高速光リンク技術の開発	三菱電機株式会社	2023年3月頃にステージゲート実施予定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高速動作と高消光の両立が可能な、EMLチップの基本構造の検討を完了した。</li> <li>・PAM4変調の電気信号に対するデバイスの光波形を計算するシミュレータを構築した。高周波特性のフィジビリティ検討を実施し、45GHzを超える高周波帯域においても想定外の特性劣化が無いことを確認した。</li> </ul>
A-b7		(b7)光スイッチ高度化技術の開発	株式会社JVCケンウッドエピフオトニクス株式会社	2023年3月頃にステージゲート実施予定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超高解像度LCOS開発に向けた準備として、小規模LCOSチップを設計し、試作のための出図を完了した。また消費電力50%削減を目指した低消費電力化の取り組みを実施し、その効果をシミュレーションにて確認した。</li> <li>・超高解像度LCOSを搭載した大規模WSSの準備として、小規模WSSを用いた光学系の原理検証を実施した。また、温度制御不要の低消費電力LCOS制御方法を考案した。</li> </ul>
A-c1-1	(c)基地局	(c1)仮想化基地局制御部の高性能化技術の開発	富士通株式会社	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3GPPリリース15に準拠した5G Stand Alone (SA)機能(高速大容量)の研究開発を完了し、その成果を適用したローカル5Gシステム「FUJITSU Network PW300」の商品化を行った。</li> <li>・3GPPリリース16,17に準拠したポスト5G機能(高信頼低遅延、多数端末接続)の研究開発を2023年3月に完了予定である。</li> </ul>

番号	研究開発項目	実施者	PJ ステータ ス	主な成果
A-c1-2	(c1) 仮想化基地局制御部の高性能化技術の開発	楽天モバイル株式会社	ステージ ゲート 通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ エンドツーエンドで完全仮想化された 5G モバイルネットワークの開発、および、無線アクセスネットワーク (RAN) のネットワークスライシングを実現した。</li> <li>・ Sub6 およびミリ波を活用し、新たに開発したプラットフォーム上で通信速度およびユーザー数を最大化できることを試験環境上で確認した。</li> <li>・ 海外の通信キャリア向けにも完全仮想化クラウドネイティブモバイルネットワークの開発等を支援中である。</li> </ul>
A-c2-1	(c2) 基地局無線部の高性能化技術の開発	富士通株式会社	ステージ ゲート通 過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 28Ghz 用シングルビーム用 RFIC の開発を完了し製品化へ繋げた。引き続きマルチビーム用 RFIC の試作、評価を進めている。</li> <li>・ ポスト 5G 向け無線装置 (RU) 制御部の開発を完了した。</li> </ul>
A-c2-2	(c2) 基地局無線部の高性能化技術の開発	日本電気株式会社	ステージ ゲート 通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基地局デバイス開発は、DAC/ADC コア部のテストチップ製造、評価を行い、目標特性到達を確認した。またデバイス設計を進め中間設計見積で従来比 50%以下の消費電力を達成した。</li> <li>・ BF 係数算出処理へのベクトルプロセッサ適用、復調処理 IP 開発にて演算処理部消費電力 70%削減の見込みを得た。</li> <li>・ 低演算量の受信 BF ウェイト計算方式開発等を行い、シミュレーションにて低遅延通信可能端末数の倍増を確認した。</li> </ul>
A-c3	(c3) 基地局装置間の相互接続性等の評価・検証技術の開発	富士通株式会社 日本電気株式会社	ステージ ゲート通 過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 異なるベンダー装置 (基地局無線機 (RU) と制御部 (CU/DU)) 間で相互接続性を迅速に検証するため、検証を自動で行うツールを開発し、検証の効率化 30%を実現した。</li> <li>・ また、0-RAN 市場として期待できる北米と英国に、今回の成果を適用した検証環境を構築した。</li> </ul>

番号	研究開発項目	実施者	PJ ステータス	主な成果
A-c4	(c4) 高周波デバイスの高出力・小型化技術の開発	住友電気工業株式会社	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存の Ga 極性より大電流化ができる N 極性の GaN 結晶の高品質化を実現し、そしてゲート絶縁膜に世界初のハフニウム (Hf) 系の高耐熱高誘電材料を適用した窒化ガリウムトランジスタ (GaN-HEMT) を開発し、良好な高周波特性を実現した。</li> <li>本研究開発の成果に関して、学会発表：13 件、社外講演：1 件、展示会：1 件、プレスリリース：1 件を実施した。</li> <li>本開発技術関連の特許を 8 件出願済、3 件出願準備中。</li> </ul>
A-c5	(c5) 高温動作可能な光接続技術の開発	アイオーコア株式会社	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>50G 動作受光素子、変調器搭載の Si フォト光回路を新規に開発し、50G 動作を確認した。</li> <li>光モジュール構造を複数試作し、伝送/信頼性試験等を実施し、Board to Board 構造の最終構造を選定した。</li> <li>本技術の実用化に向けてシステムベンダーとの協議を開始した(2022年3月)。</li> </ul>
A-c6	(c6) 高周波帯アンプ一体型アレイアンテナ実装技術の開発	富士通株式会社	2023年3月頃にステージゲート実施予定	<ul style="list-style-type: none"> <li>アレイアンテナ一体型パッケージ技術において、AiP と RF ボード間の熱抵抗 0.5 K/W を達成する基本構造の策定と実証完了に向け、熱シミュレーションを活用した AiP の放熱解析を完了した。</li> <li>VH 偏波 16ch BFIC の開発 (高効率アンプ技術開発) において、RFIC に必要な要素回路の設計レイアウトを完了した。</li> <li>高出力フロントエンドの開発 (高効率アンプ技術開発) において、ミリ波ドハティ回路に必要となる要素技術の設計を完了し、目標達成に必要な設計情報を全て取得した。</li> </ul>
A-c7-1	(c7) RAN 制御高度化技術の開発	富士通株式会社	2023年3月頃にステージゲート実施予定	<ul style="list-style-type: none"> <li>アプリケーションや環境状況に応じた無線ネットワーク (RAN) の最適制御の実現に向け、ネットワークからデータを収集し、人工知能や機械学習を用いて RAN の状態やアプリケーションの QoE を分析し、RAN を最適化する RIC アーキテクチャ設計を完了した。</li> <li>アプリケーションに応じたネットワーク制御の有効性検証として、TV 会議、VR ゴーグル (現場作業のリモート支援) のユースケースを選定した。</li> <li>MWC2022 にて、本開発技術テーマの発表を実施した。</li> </ul>

番号	研究開発項目	実施者	PJ ステータス	主な成果	
A-c7-2	(c7) RAN 制御高度化技術の開発	日本電気株式会社	2022年3月頃にステージゲート実施予定	<ul style="list-style-type: none"> <li>産業アプリ高性能化のため、通信要件の未達率を低減するメカニズムを明確化して無線制御AIを設計し、シミュレータ設計を完了した。</li> <li>無線制御AIを活用した学習型通信分析・制御機能を実現するため、制御対象UEを絞り込む仕組みを導入して、RICアーキテクチャ設計および rApp/xApp の方式設計を完了した。</li> <li>学習型通信分析・制御方式の開発に関連して、1件の国内特許、2件のPCTを出願済。</li> </ul>	
A-d1	(d) MEC	(d1) MEC 向け大規模先端ロジックチップ設計技術の開発	株式会社ソシオネクスト	2023年1月頃にステージゲート実施予定	<ul style="list-style-type: none"> <li>世界最先端の半導体プロセス3nmを用いたシリコンチップの論理構成、ブロックダイアグラムや実証チップフロアプランの検討を完了した。</li> <li>シミュレーションで最終目標値であるチップレット間I/F性能3(Tbps/mm)/(pJ/bit)を満たす目途を立てた。</li> </ul>
A-d2	(d2) MEC サーバー向け広帯域・大容量メモリモジュール設計技術の開発	キオクシア株式会社	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>メモリコントローラー間を接続する高速トランシーバー(56Gbps)を開発し、成果をIEEE ESSCIRSで発表するとともにニュースリリースを実施した。</li> <li>フラッシュメモリアクセス遅延を隠蔽するプリフェッチアルゴリズムを開発した。</li> <li>フラッシュメモリとの高速インターフェースを開発した。</li> <li>100GHz帯を用いた三次元計測評価機、構成手法、および伝送路モデルを開発した。</li> </ul>	

番号	研究開発項目		実施者	PJ ステータ ス	主な成果
A-e1	(e) 端末	(e1)端 末通信 機能構 成技術 の開発	株式会 社エイ ビット 国立大 学法人 大阪大 学 国立研 究開発 法人情 報通信 研究機 構	2023年3 月頃にス テージゲ ート実施 予定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超低遅延 SDR (Software Defined Radio) 対応 5G 半導体チップのアーキテクチャ設計を完了し、低遅延を実現する無線アサイン方式の仕様策定を完了した。</li> <li>・端末スライシングを実現するために、HW 信号処理部とプロトコル処理部を分離したソフトウェア無線を採用し、スライシング制御方式のアーキテクチャ検討を完了した。</li> </ul>

先導研究（委託）

番号	研究開発項目		実施者	PJ ステータス	主な成果
AS-a1	(a) ネットワーク関連技術	(a1) ネットワーク統合管理技術（超高信頼性）	アラクサラネットワーク株式会社	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ネットワークセンサ装置プロトタイプを試作を完了した。</li> <li>・ネットワークの収集・分析・可視化・監視機能実現に向けた基本的な技術項目のリスト化を完了した。</li> <li>・リソース統合管理技術のプロトタイプで、情報収集プローブパスの導出、機能リソースの最適配分を60秒以内で導出した。</li> <li>・特許1件出願済。</li> </ul>
AS-a2		(a2) リアルタイム制御技術（超低遅延性）	ソフトバンク株式会社	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・遅延時間制約を満たしながら、必要な処理レートを実現する手法を開発する事を目的に、必要となる制御システムの要件定義、方式設計を行った。</li> <li>・アプリケーションを多段 MEC に分散配置する配置アルゴリズム及び資源管理・情報収集システムの各プロトタイプを実装し、シミュレーションにより効果を確認した。</li> </ul>
AS-a3		(a3) オープンソースソフトウェア技術（柔軟性・低コスト）	APRESIA Systems 株式会社 富士通株式会社 株式会社インターネットイニシアティブ 国立大学法人東京大学	事業終了	<ul style="list-style-type: none"> <li>・産業用途拡大に必要な不可欠となる低コスト、柔軟性のある商用利用可能なオープンソースソフトウェア（OSS）ベースでSA対応した5Gコアのノード機能開発及びLocal5Gシステム全体のシステム品質評価、維持・管理技術を開発した。</li> <li>・オープンな機能を盛り込んだLocal5Gシステムを製品化し、製品価格帯を1/10程度に低減して販売を開始した。</li> </ul>

番号	研究開発項目	実施者	PJ ステータス	主な成果
AS-a4	(a4) セキュア通信技術（超安全性）	株式会社東芝	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>チップベース QKD の光学系チップを試作、送信器の光学系制御機能である「光レーザー発振」、「光量子生成」、「位相変調」の各機能に関する動作を実証した。</li> <li>鍵蒸留信号処理機能において、構成要素単体でのハードウェア設計・動作確認を完了した。目標の1Uサイズに収まる見通しを得るとともに、各種エラー発生時のワークケースにおいて、鍵蒸留処理のスループットが3.5Mbps程度となることを確認した。</li> <li>QKD 多重化シミュレータの実装を完了し、多重化数4での基本動作として、鍵生成速度のスケールビリティを確認した。</li> </ul>
AS-a5-1	(a5) クラウドサーバーや MEC サーバーの低消費電力化技術（超低消費電力性）	KDDI 株式会社 国立大学法人東京大学	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>モバイル網において最も電力消費量が多い RAN 機能を対象として、CPU、GPU、FPGA の3種類における評価実験を実施し、FFT/iFFT、サブキャリア変調、FEC において電力効率が既存仮想化技術に対して高いことを確認した。</li> <li>GAN を用いてアプリケーションの特性を表現したトラヒックの時系列データを直接生成する手法を確立した。</li> <li>総合試験に向け、解析に利用するパラメータとして、0-RAN インターフェイスを参照し、候補5種類を導出した。</li> </ul>

番号	研究開発項目		実施者	PJ ステータス	主な成果
AS-a5-2			株式会社 Preferred Networks	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ MEC サーバーへの適用を目的とした新規アクセラレータシステムの基本アーキテクチャおよび命令セットアーキテクチャの設計を完了した。</li> <li>・ テストチップ設計を行い、アクセラレータシステムとして当初目標を上回る性能（処理速度 52.4TFlops、消費電力 49.152W）が得られる目処を立てた。</li> <li>・ テストチップ設計が完了し、テープアウトに向けた準備が整った。</li> <li>・ アクセラレータシステムの評価基板の設計、ソフトウェアの開発について、予定通り進捗中である（一部前倒し）。</li> <li>・ キャリアを中心としたエコシステムが構築されると想定しており、包括的なプロセスの中で本テーマの成果を意識した会話を始めている。</li> </ul>
AS-b1	(b) 伝送路関連技術	(b1) フロントホール（RU、DU間）向け光リンク技術	国立大学法人東京工業大学 富士フイルムビジネスイノベーション株式会社 国立研究開発法人情報通信研究機構	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ モノリシック集積用波長 1.1 <math>\mu\text{m}</math> 帯で 50Gbps 以上の高速動作を達成。単一モード化とモードフィールド径拡大について、MFD 7mm, SMSR&gt;30dB を達成した。</li> <li>・ 300fJ/bit 以下の低消費電力動作を達成、チップサイズ 1 <math>\text{mm}^2</math> 以下 12ch VCSEL アレイを実現した。</li> <li>・ 2 波長の VCSEL を用いた一芯双方向接続を実証し、50 Gbps/ch、1km 伝送を達成した。</li> </ul>

番号	研究開発項目	実施者	PJ ステータス	主な成果
AS-b2	(b2) MEC 内通信 向け光 インター ネット 技術	国立研究開 発法人産業 技術総合研 究所 京セラ株式 会社	事業終 了	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 50mm 角サイズ 10Tbps 光電コパッ ケージ実現に向け、フリップチッ プ型および薄膜光源の高密度実装 工法を決定し、高密度の電気およ び光配線技術を確立した。低消費 電力化（現行品の半分以下）、高信 頼性（バックアップ）、高速化（4 光 波混合による信号劣化を回避）を 可能とする構成モデルを決定し た。</li> <li>・ 本開発技術関連の特許を 1 件出願 済、3 件出願準備中。</li> <li>・ 本研究の成果発表（学会・講演）を 3 件実施した。</li> </ul>
AS-b3	(b3) メ トロ・長 距離網 向け光 伝送ネ ットワ ークの 大容量 化技術	富士通株式 会社 株式会社 KDDI 総合研 究所	ステー ジゲー ト通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 光ファイバの追加なしに伝送容量 を増大するため、波長多重度 3~10 倍の伝送性能を確認するマルチバ ンド伝送路シミュレータを確立、 また実機評価系を構築した。</li> <li>・ 数千パターンのシミュレーション を現実的な時間で実行するため、 高速シミュレータを確立し、1 パタ ーンあたりの実行時間を 24 時間 から 1 秒に時短した。</li> <li>・ C（1530nm~1565nm）⇔S バンド （1460nm~1530nm）、C⇔L バンド （1565nm~1625nm）の一括波長変 換を実機で構築し、実機評価系の 基本構成を構築した。</li> <li>・ 各バンドの増幅器を試作、評価し、 伝送性能を確認した。</li> </ul>
AS-b4	(b4) 光 アクセ スネッ トワー クの仮 想化技 術	沖電気工業 株式会社 国立大学法 人東北大学	ステー ジゲー ト通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 仮想 PON（Passive Optical Network）プラットフォームの構 築、及び他のスライスに影響する ことなく 250usec 以下の帯域割当 が実現できるマルチ DBA（Dynamic Bandwidth Allocation）基本機能 を確立した。</li> <li>・ 最適資源 AI 予測方式及び基礎ア ルゴリズムを確立し、20%のネット ワーク資源利用効率の改善の見通 しを得た。</li> </ul>

番号	研究開発項目		実施者	PJ ステータス	主な成果
AS-c1-1	(c) 基地局関連技術	(c1) 新規アンテナ技術	国立研究開発法人産業技術総合研究所 TDK 株式会社 国立大学法人大阪大学	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>170 GHz 帯までの誘電率計測を精度 0.4%、誘電正接計測を精度 9% で確立した</li> <li>100 GHz 超までの材料計測に基づき基板材料および導体層プロセスの決定をした。選定した基材で 285 GHz において、アレイアンテナの実現をシミュレーションにより数値的に確認した。</li> <li>COP 銅張基板を用いて、140 GHz 帯、220 GHz 帯、300 GHz 帯の静的メタサーフェス反射板を設計した。140 GHz 帯は前倒して実証まで実施した。</li> </ul>
AS-c1-2			ルネサスエレクトロニクス株式会社 Renesas Electronics America Inc.	ステージゲート通過ト	<ul style="list-style-type: none"> <li>パワーアンプの性能をシミュレーション/実チップで検証し、概ね目標値を達成した。 <ol style="list-style-type: none"> <li>P1dB : 20.5dBm(達成)</li> <li>EVM3%以下のバックオフ電力 : 14.2dBm(達成)</li> <li>消費電力 : 138mW(未達成 : 目標 105mW)</li> <li>LO リーク : -40dBc(達成 : シミュレーション)</li> </ol> </li> </ul>
AS-c2		(c2) ミリ波・テラヘルツ帯向け集積回路技術	国立大学法人広島大学 三菱電機株式会社 国立研究開発法人産業技術総合研究所	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>高周波プローブによる DC~500 GHz での伝送・反射特性の高精度測定技術を確立し、測定精度 7% を達成した。</li> <li>TEG(Test Element Group)評価結果より計算した性能と実測値の比較を行い、目標(設計値と実測値の差 : 15%以内)達成を確認した。</li> <li>本開発技術関連の特許を 2 件出願準備中。計測技術に関する標準化活動に参加 (IEEE P2822)。</li> </ul>

番号	研究開発項目	実施者	PJ ステータス	主な成果
AS-c3	(c3) 新規基板材料等の高性能材料技術	株式会社ダイセル	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>次世代超ローロス低誘電材料として候補材料 B を選択し、熱硬化性に変成し誘電率 2.44/誘電正接 0.00137 を達成した。</li> <li>平滑導体と低誘電材料の高信頼性接合として、銅箔と候補材料 B のピール強度 5.3N/cm を達成した。</li> <li>テラヘルツ帯通信用材料の測定技術開発の評価に先立ち、候補材料 B の誘電率および誘電正接を従来の測定方法(共振法および準光学型分光法)により測定し比較データを取得した。</li> </ul>
AS-c4	(c4) 基地局増幅器のための広帯域化回路技術	三菱電機株式会社 学校法人湘南工科大学	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>広帯域 GaN 増幅器技術開発において、800MHz~5000MHz の 4200MHz 帯域にわたって、目標となる 6dB バックオフ時の効率 30%以上を達成する回路の設計を完了した。</li> <li>周辺 RF-IC チップセット要素技術開発において、4000MHz 帯域動作に対応した歪補償 RF-IC の構成検討を完了した。</li> <li>多数接続対応送信系開発において、1.4MHz×100 波の歪補償を含む歪測定系の構築を完了した。</li> </ul>
AS-c5	(c5) ソフトウェア基地局の自動最適化技術	富士通株式会社	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>汎用サーバー+アクセラレータで動作するソフトウェア基地局の性能向上、ソフトウェア開発工数削減を目的とし、以下を開発した。 <ul style="list-style-type: none"> <li>基地局 C コードを自動解析し、処理のボトルネック箇所を可視化/検出する機能</li> <li>アクセラレータの利用を前提とし、コード変換によりボトルネック箇所を自動最適化する機能</li> </ul> </li> <li>本開発技術の適用で、現状の 3 倍以上のスループット向上、開発工数の 55%削減を確認した。</li> </ul>

番号	研究開発項目		実施者	PJ ステ ータ ス	主な成果
AS-c6		(c6) 基地局の仮想化、柔軟化技術	楽天モバイル株式会社 日本電気株式会社 NEC ネットエスアイ株式会社 国立大学法人東京大学	事業終了	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ キャリア 5G 向け CU/DU とローカル 5G 向け CU/DU を同時に キャリア 5G コア に接続する技術 を確立。共用コア に異なる PLMN (識別番号) を収容し、端末接続、データ通信 が正常に出来ることを確認した。</li> <li>・ キャリア 5G 向け CU/DU とローカル 5G 向け RU との 0-RAN インターフェイス をベースとした接続検証を完了し、端末接続が正常に出来ることを確認した。</li> <li>・ ローカル 5G とキャリア 5G を一つの筐体で収容する「共用 RU」に関して、低消費電力化と小型化を重要な観点として検討を進め、課題要件を抽出した。</li> <li>・ ローカル 5G 普及研究会にて本テーマにおける成果を展開。アンケート結果により本テーマのビジョンが事業化に有用であることを確認した。</li> <li>・ 知財出願 2 件。論文掲載 2 件。講演 14 件。</li> </ul>
AS-d1	(d) 革新的応用システム技術	(d1) デジタルツイン実現のための高精度測位・同期制御技術	株式会社日立製作所	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 無線測位と光学測位のそれぞれの基本検討と、無線・光学ハイブリッド測位方式の概念設計を終え、ハイブリッド測位方式の実装検討にて測位誤差 10cm 以下を達成した。</li> <li>・ 工業製品欠陥検査において XDOC (eXplainable Deep One-class Classification) にて実証し、推論時間 &lt; 10msec を達成した。</li> <li>・ 超多数接続を見据えたエネルギー情報取得ハードウェアの設計を完了した。エネルギー節減効果のシミュレーションに向けた典型的マイクログリッドの需給パターンを設定完了した。エネルギー制御細粒度設計完了を達成見込みである。</li> <li>・ 機密データを保護する連合学習の新アルゴリズム設計および簡易シミュレーション評価によるアルゴリズム動作の確認を完了した。</li> </ul>

番号	研究開発項目	実施者	PJ ステータス	主な成果
AS-d2	(d2) MEC 利用によるアダプティブロボット群リアルタイム制御技術	株式会社東芝	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>ローカル 5G 基地局および MEC サーバーを設置し、動的経路制御等のソフトウェアを実装。AMR 受信電力変動に応じた制御周期ならびに走行経路の自動切替動作を確認した。</li> <li>協調搬送用 AMR2 台を試作、自律ドッキングならびにかご台車の協調搬送動作を確認。CEATEC2022 にてデモ展示実施した。</li> <li>国内学会 2 件、国際学会 2 件発表。モノづくり日本会議第 41 回新産業技術促進検討会シンポジウムにて講演。</li> </ul>
AS-d3-1	(d3) その他の革新的応用システム基盤技術	国立大学法人北海道大学 BIPROGY 株式会社 株式会社テクノフェイス	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>圧力・温度センサアレイを用いて深さと弾性の定量化を行い、触診のための指にはめる小型センサを設計・開発した。</li> <li>触診におけるマルチモーダル情報を、遠隔医療を目的として、4K 動画信号への埋込・転送・誤り訂正・分離・再生のためのシステム設計・実装を行った。</li> <li>デジタル化・伝送された触覚を再現するデバイスの開発を行った。</li> <li>上記触覚センシング・デジタル化・転送・再現からなる全体システム遅延の最小化を行い、目標である 270ms を大きく短縮する 150ms を達成した。</li> </ul>
AS-d3-2		株式会社エムスクエア・ラボ	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>農業支援等を目指したパブリック網 (5G/ポスト 5G) を利用する自動走行システムアーキテクチャを策定した。</li> <li>本システムを構築する各種プラットフォームについて、試作を完了し検証を実施した。</li> </ul>

番号	研究開発項目		実施者	PJ ステータス	主な成果
AS-d3-3			国立研究開発法人情報通信研究機構 日本電波工業株式会社 国立大学法人東京大学 国立大学法人東北大学 国立大学法人広島大学	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信デバイス(Wi-Wi デバイス)の開発では、試作開発において、重要な性能である時刻同期精度が、従来技術(GPS/PTP)に比べ、1/10 の高精度なレベルを実現できた。</li> <li>通信デバイスに内蔵する発振器の開発では、目標性能を実現できたことで、今後の通信デバイスの最終目標に向けた性能向上の見込みを得ることができた。</li> <li>時刻同期技術関連する学会発表、講演等を 12 件実施した。</li> </ul>
AS-e1	(e) MEC 関連 技術	(e1) MEC を構成する半導体、周辺デバイス等の高性能化・低遅延化	セイコーNPC株式会社	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>位相ジッタ中間目標 50fs_Max(事業項目②) をウェハ試作での実機評価にて達成を確認した。</li> <li>周波数精度中間目標 (-40~125°C) で±20ppm(事業項目①) をウェハ試作での実機評価にて達成を確認した。</li> <li>最大動作周波数中間目標 500MHz についてウェハ試作での実機評価にて 500MHz での出力動作を確認した。</li> </ul>
AS-e2		(e2) クラウドサーバーや MEC サーバーの低消費電力化技術(超低消費電力性)	日本電気株式会社	ステージゲート通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>MEC サーバー向けベクトルプロセッサの LSI 構成を具体化し、推定電力当たり性能が、目標である電力当たり性能 4 倍の 80%の精度に収まることを確認するとともに、現行製品の電力と HW エミュレータでの電力見積り結果の比較から、±20%以内の精度であることを確認した。</li> <li>LSI 全体の電力制御方式および電力管理アルゴリズムを確立し、機能シミュレータ、HW エミュレータを用いて規定電力下で電力を制御できることを確認した。</li> </ul>

### (3) 活動指標

年度	論文数	国内特許出願	国外特許出願	PCT 出願
2020 年	2 件	7 件	1 件	6 件
2021 年	11 件	38 件	74 件	97 件
2022 年(～9 月)	5 件	20 件	46 件	67 件
計	18 件	65 件	121 件	170 件

### 国際標準への寄与

ポスト 5G 通信システムの開発では、研究開発項目毎に予め開発対象とする標準化規格を定めて研究開発を推進しているが（例：3GPP 仕様リリース 15～17 の準拠）、あわせて RAN のオープン化を推進する ORAN Alliance や光通信のオープン化を推進する Open ROADM 等の標準化団体で仕様策定が行われているため、委託実施者はこれら標準団体への寄書や CR（Change Request）活動を推進している。また、先導研究のような将来技術については、技術開発の成果を関連する標準化団体に積極的に提案するよう働きかけをしている。これらの活動状況を技術推進委員会やステージゲート審査会でフォローアップを行い、指導、助言を行っている。

### プロトタイプの実験

本事業では、利用ユーザーへの試作品提供（利用サービスの提供を含む。）や研究開発期間中に製品化の見込みが得られたものについては、研究開発期間中であっても研究開発内容の一部を切り出し、早期の製品化に取り組むことを推奨している。過半数以上のテーマについてはプロトタイプを作成しており、試作品をユーザー企業に提供して評価を受けている事例や研究開発成果の一部を切り出してローカル 5G システムや固定無線伝送装置の商品化している事例もある。

## 5. 事業アウトカム

### （1）事業アウトカムの内容

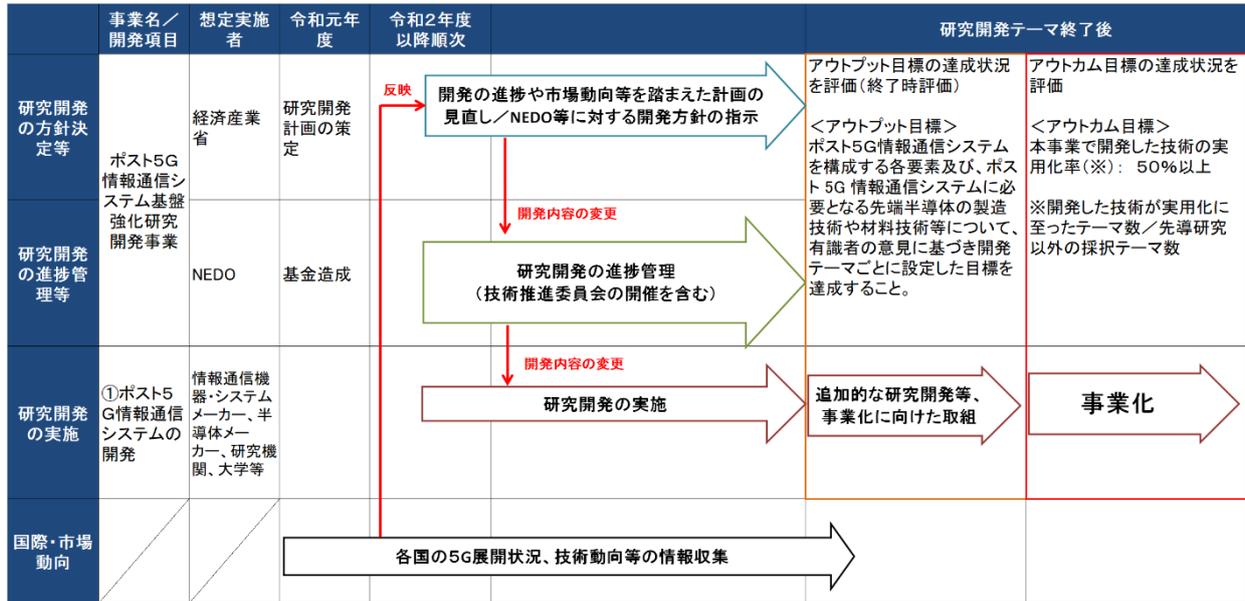
ポスト 5G 情報通信システムの開発においては、テーマ担当事業者の製品や提携事業者製品への組み込み、国内外の 5G ネットワークにおける基地局装置・伝送路・コアネットワーク等への採用、国際的な ORAN の普及促進への活用等を通じて、国内 5G ネットワークの高度化や国際市場における 5G のサービス開始・市場拡大の機会を捉えた我が国ベンダの市場拡大を図っていく。

また、これらの技術が広く活用されることで、高速化に加え低遅延化、大量接続も可能とするポスト 5G 技術を活用した産業用途サービス発展に寄与するとともに、我が国ベンダの国際市場でのシェア向上・地位確立により国際的に機運の高まっているテレコムベンダ多様化によるサプライチェーン強靱化や経済安全保障への貢献が期待される。

### （2）事業アウトカム目標

アウトカム目標	目標の設定理由
各採択テーマ終了後概ね3年時点	本事業で開発した技術の実用化率（※）：50%以上 ※開発した技術が実用化に至ったテーマ数／採択テーマ数。ただし、先導研究は除く。
	NEDOにおいては、通常の研究開発事業の実用化達成率の目標を、事業終了後5年経過後の時点で25%以上と設定しているが、本事業が設置された背景を踏まえ、本事業では、実用化達成率50%以上という高いアウトカム目標を設定している。

## 6. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ



## 7. 費用対効果

### （1）事業期間全体の国費総額（採択決定額）

ポスト5G情報通信システムの開発（委託）

91,858（百万円）

先導研究（委託）

5,780（百万円）

### （2）費用対効果

「電子情報産業の世界生産見通し」（2019年12月、電子情報技術産業協会）によると、5G基地局の市場規模は、2020年の1.2兆円から2030年には2.8兆円へと10年間で2倍以上に増加する見込みであり、また、5G関連市場の規模（ここでは、5G基地局、5Gに対応したIoT機器やソリューションサービスが対象。5G導入に対応して整備される有線インフラ等は含まれていない）は、2018年の0.5兆円から2030年には168.3兆円へと12年間で300倍以上に増加する見込みである。本見通しにおいては、ポスト5Gで想定されるような産業用途（自動車、ロボット、建設等）の市場も、大きく拡大することとされている。このため、本事業により得られるポスト5G情報通信システムに関する技術開発の成果が広く普及すれば、高い費用対効果が期待される。

特に、5G基地局のマーケットにおいては、0-RAN インタフェースに準拠した基地局の割合が世界的にも増えてきており、2025年には基地局市場の3割を占めると言われている。この0-RAN 準拠の基地局マーケットにおいて、無線部にあたるRUを皮切りに本事業の主要な委託先であるNECや富士通が海外で商用受注を獲得しており、0-RANマーケットにおいてシェアを伸ばし

ている。また、委託先である楽天モバイルにおいても世界初の完全仮想化クラウドネイティブかつ0-RAN 準拠の5G ネットワークを構築し、世界での商用受注やトライアル受注を増やしている。

なお、本事業では、費用対効果の達成に向けて、研究開発期間中に製品化の見込みが得られたものについては、研究開発実施期間中であっても研究開発の内容から一部を切り出し、早期の製品化に取り組むことを推奨している。現時点で具体的に以下のような実例がでてきている。

- 「ポスト5G 情報通信システムの開発（委託）／（c1）仮想化基地局制御部の高性能化技術の開発」で富士通が開発をしている5G ソフトウェア基地局（CU/DU）については、3GPP リリース 15 に準拠した5G Stand Alone（SA）機能（高速大容量）の研究開発を完了し、その成果をローカル5G システム製品に適用した（2021年度）。
- 「先導研究（委託）／（a3）オープンソースソフトウェア技術（柔軟性・低コスト）」で APRESIA Systems や富士通等が進める OSS ベースかつ SA 対応した5G コアについては、その成果をそれぞれ各社のローカル5G 製品に適用した（2021年度）。
- 「ポスト5G 情報通信システムの開発（委託）／（b4）固定無線伝送システム大容量化技術の開発」で日本電気が開発を進める固定無線伝送システムについて、一部の技術を切り出し、海外向けシステム製品に適用した（2022年度）。
- 「ポスト5G 情報通信システムの開発（委託）／（a2）クラウド型ネットワーク統合管理・自動最適化技術の開発」においては、楽天モバイルは人工知能（AI）を用いた5G スライスオーケストレーションの高度化に成功し、2023年をめどに本技術を導入した商用5G SA ネットワークサービスの提供を目指し、グローバルに展開するプラットフォーム「Symworld™」の提供開始する旨をアナウンスしている（2023年度（予定））。
- 「ポスト5G 情報通信システムの開発（委託）／（b1）光伝送システムの高速度化技術の開発」においては、富士通は1.2Tbps の大容量伝送に成功し、本技術を適用した光伝送装置を2023年度上期中に製品化してグローバルに提供開始する旨をアナウンスしている（2023年度（予定））。

## B 先端半導体製造技術の開発

上位施策名	○半導体・デジタル産業戦略（令和3年6月経済産業省策定）			
担当課室	商務情報政策局 情報産業課			
目的	<p>情報通信システムにおいては、装置内で信号の処理を行う半導体が極めて重要な役割を担う。現在、日本国内には、ポスト5Gを含む情報通信システムにおいて必要となる先端的なロジック半導体等（以下、「先端半導体」）の製造能力が無く、供給安定性等の観点で脆弱な状況にある一方で、ポスト5G以降の情報通信システムにおいては、先端半導体の重要性が更に増していくと考えられる。</p> <p>このため、将来的に、情報通信システムで用いられる先端半導体を国内で製造できる技術を確保するため、先端半導体の製造技術の開発に取り組む。具体的には、パイロットライン（一部の製造工程から成るリサーチライン、ウェハーを国内で相互に移送することにより一繋ぎのラインとして機能するものを含む。）の構築等を通じて、国内に無い先端半導体及びその周辺デバイスの製造技術（ロジック半導体と組み合わせて動作するメモリや光デバイス等に関する技術、ロジック半導体を含む複数の半導体の実装技術等を含む。）を開発する。</p>			
類型	複数課題プログラム / <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">研究開発課題（プロジェクト）</span> / 研究資金制度			
実施時期	2021年度～終了時期未定	会計区分	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">一般会計</span> / エネルギー対策会計	
評価時期	事前評価：2019年度、2021年度 中間評価：2022年度、終了時評価：未定			
実施形態	国（補助（基金造成）） → 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（助成） → 事業者			
執行額 (百万円)	2021年度	2022年度 (見込み)	総執行額	総予算額 (採択決定額)
	5,537	32,318	37,855	76,880

## 1. 国内外の類似・競合する研究開発等の状況

以下のとおり、世界各地で経済安全保障の観点から重要な生産基盤を囲い込むため異次元の半導体支援策が実施されている。

国・地域	産業支援策等
米国	<ul style="list-style-type: none"> <li>上院・下院間の長期間の調整を経て、「<u>The CHIPS and Science Act of 2022</u>」が成立。(2022. 8)</li> <li>CHIPS 法では、半導体関連（半導体及び関連材料・装置）のための設備投資等への補助基金（<u>5年で390億ドル(約5.6兆円)</u>）やR&amp;D基金（<u>5年で110億ドル(約1.6兆円)</u>）、半導体製造・装置の設備投資に対する<u>25%の減税</u>等が措置される。具体的な執行戦略も公表。(2022. 9)</li> </ul>
中国	<ul style="list-style-type: none"> <li>「<u>国家集積回路産業投資基金</u>」を設置（'14, '19年）、<u>半導体関連技術へ、計5兆円を超える大規模投資</u>。</li> <li>これに加えて、地方政府で<u>計5兆円を超える半導体産業向けの基金</u>が存在（<u>合計10兆円超</u>）</li> </ul>
欧州	<ul style="list-style-type: none"> <li>2030年に向けたデジタル戦略を発表。<u>デジタル移行(ロジック半導体、HPC・量子コンピュータ、量子通信インフラ等)に1447億€(約18.8兆円)投資等</u></li> <li>EUは、半導体の域内生産拡大や研究開発強化を図る「<u>欧州半導体法案</u>」を発表。2030年までに官民で計5兆6000億円の投資計画。(2022. 2)</li> </ul>
台湾	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>台湾への投資回帰を促す補助金等の優遇策</u>を始動。ハイテク分野を中心に累計で<u>2.7兆円の投資申請</u>を受理。(2019. 1)</li> <li><u>オングストローム世代半導体計画</u>に5年間で<u>63億台湾元(約236億円)の補助金</u>を支給。(2021. 2)</li> </ul>
韓国	<ul style="list-style-type: none"> <li>「<u>半導体超強大国達成戦略</u>」を発表。半導体産業団地の拡大に向け、<u>2026年までに、340兆ウォン(35兆3600億円)の投資等</u>を計画。(2022. 7)</li> <li>半導体開発分野に、<u>2兆2000億ウォン(2200億円)</u>を投じ、システム半導体の市場シェアの引き上げを図る予定。(2022. 7)</li> </ul>

一方、国内における半導体製造技術の開発については、NEDOの「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」や文部科学省の「次世代 X-nics 半導体創生拠点形成事業」が挙げられるが、前者はパワー半導体及び半導体製造装置に関する技術開発、後者は人材育成の中核的なアカデミア拠点形成を目指すものである。

これに対して、本事業は、パワー半導体は対象としておらず、先端半導体の製造プロセス技術や材料技術の開発やパイロットラインの構築に取り組んでいる。

## 2. 研究開発の内容

### (1) 研究開発の全体構成

#### 先端半導体製造技術の開発

番号	研究開発項目	実施者
B-a1	(a) 先端半導体の前工程技術 (More Moore 技術) の開発	東京エレクトロン株式会社 株式会社 SCREEN セミコンダクターソリューションズ キヤノン株式会社
B-b1	(b) 先端半導体の後工程技術 (More than Moore 技術) の開発	(b1) 高性能コンピューティング向け実装技術 TSMC ジャパン 3DIC 研究開発センター株式会社
B-b2-1		(b2) エッジコンピューティング向け実装技術 先端システム技術研究組合 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社
B-b2-2		
B-b3-1		(b3) 実装共通基盤技術 昭和電工マテリアルズ株式会社 住友ベークライト株式会社
B-b3-2		
B-b3-3		(b3) 実装共通基盤技術 新光電気工業株式会社 東レエンジニアリング株式会社 ヤマハロボティクスホールディングス株式会社 東レエンジニアリング株式会社
B-b3-4		
B-b3-5		
B-b3-6		
B-c2	(c) 露光周辺技術開発	(c2) EUV 露光装置向け次世代フォトリソ技術開発 JSR 株式会社
B-d1	(d) 国際連携による次世代半導体製造技術開発	(d1) 高集積最先端ロジック半導体の製造技術開発 Rapidus 株式会社
B-d2		(d2) 光電融合による分散型メモリセントリックコンピューティング技術開発 (公募中)

※B-b3-3～B-d2 は本中間評価の評価対象外。

## 先導研究（助成）

番号	研究開発項目	実施者
BS-a1	(a) 先端半導体の前工程技術（More Moore 技術）の開発	東京エレクトロン株式会社
BS-b1	(b) 先端半導体の後工程技術（More than Moore 技術）の開発	株式会社創晶超光
BS-b2		東レ株式会社
BS-b3		株式会社ダイセル
BS-b4		ギガフォトン株式会社

## （２）各研究開発項目の実施内容

### （a）先端半導体の前工程技術（More Moore 技術）の開発

先端半導体は更なる微細化が進展し、IEEE の IRDS™2020 によると、プロセスノードは 2022 年に 3nm ノード、2025 年に 2.1nm、さらにその先では 2028 年、2031 年、2034 年にそれぞれ、5nm、1.0nm、0.7nm へと進むことが予想されている。そして、微細化の進展に伴い、トランジスタ構造は FinFET からナノシートを活用した三次元構造や GAA（Gate All Around）構造へと変化、チャネル材料はシリコンゲルマニウム（SiGe）やゲルマニウム（Ge）、2次元材料が多用されるようになり、配線材料も銅（Cu）からルテニウム（Ru）へ変化する等、新構造と新材料を用いたトランジスタへと変化していく。このため、半導体製造・プロセス技術全般について新規技術開発や抜本的な性能向上が必要となる。

そこで、2nm 以降のプロセスノードの先端半導体において求められる高性能な露光・微細加工技術、成膜技術、アニール技術、エッチング技術、洗浄技術等のうち、特に新規開発や大幅な性能向上が必要となる製造・プロセス技術等を開発するとともに、パイロットラインの構築等を通じて、微細加工を施した実ウェハによる製造装置の評価・検証を実施し、国内に無い先端性を持つロジック半導体の製造技術を確立する。

### （b）先端半導体の後工程技術（More than Moore 技術）の開発

ポスト 5 G 情報通信システムにおけるクラウド・MEC サーバー等の高性能コンピューティング、及びエッジコンピューティングでは、多様なアプリケーションに対応するために、ロジック半導体の微細化の進展による高性能化はもとより、ロジック半導体と周辺デバイス（メモリ、センサー、AI チップ、RF 等）とを単一パッケージに統合する、2次元高密度実装や 2.5次元・3次元実装技術の進展が不可欠である。特に、高性能コンピューティング向け実装技術ではパッケージ基板の大面积化や 3次元・高密度実装向けの新規の材料、製造・プロセス技術、アセンブリー・パッケージング技術等が求められ、エッジコンピューティング向け実装技術では、小型・低実装面積での高性能化、高機能化、低消費電力化を実現可能な製造・プロセス技術が求められるとともに、合わせてこれらの実装技術を支える共通基盤技術が求められる。

そこで、先端半導体において求められる、(b1) 高性能コンピューティング向け実装技術、(b2) エッジコンピューティング向け実装技術、及び (b3) 実装共通基盤技術の開発を実施し、これにより国内に無い先端性を持つ半導体の後工程技術（More than Moore 技術）を確立する。

## 【先導研究】

先端半導体製造技術について、ポスト5Gでは実用化に至らない可能性があるものの、ポスト5Gの後半から5Gの次の通信世代（以下、「ポスト5G後半以降」）にかけて有望と考えられる技術課題について、特に新規開発や大幅な性能向上が必要となる技術に関する先導的な研究開発やの探索型開発に取り組む。ポスト5G後半以降にかけて先端半導体製造技術に適用され、一定の市場シェアを獲得するポテンシャルを有し、我が国の国民生活や経済、産業等への波及効果が期待される技術を開発対象とする。

### （a）先端半導体製造技術（前工程技術）

露光・微細加工技術、成膜技術、配線技術、アニール技術、エッチング技術、洗浄技術、革新的な高生産性プロセス技術、先端半導体と一体として機能するメモリの製造技術等のうち、先端的な次々世代（1.5nmノード以降）の先端半導体において求められる要素技術。

### （b）先端半導体製造技術（後工程技術）

高性能コンピューティング向け実装技術、エッジコンピューティング向け実装技術、実装共通基盤技術等のうち、先端的な次々世代（1.5nmノード以降）の先端半導体の実装において求められる要素技術。

### 3. 研究開発の実施・マネジメント体制等

#### (1) 研究開発計画

##### 先端半導体製造技術の開発

番号	事業者	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度	2026 年度	2027 年度
B-a1	東京エレクトロン株式会社 株式会社 SCREEN セミコンダクター ソリューションズ キャノン株式会社		[Blue arrow from 2021 to 2025]						
B-b1	TSMC ジャパン 3DIC 研究開 発センター株式会社		[Blue arrow from 2021 to 2025]						
B-b2-1	先端システム技術研究組合		[Blue arrow from 2021 to 2026]						
B-b2-2	ソニーセミコンダクタソリ ューションズ株式会社		[Blue arrow from 2021 to 2024]						
B-b3-1	昭和電工マテリアルズ株式 会社		[Blue arrow from 2021 to 2025]						
B-b3-2	住友ベークライト株式会社		[Blue arrow from 2021 to 2025]						
B-b3-3	新光電気工業株式会社			[Blue arrow from 2022 to 2026]					
B-b3-4	東レエンジニアリング株式 会社			[Blue arrow from 2022 to 2024]					
B-b3-5	ヤマハロボティクスホール ディングス株式会社			[Blue arrow from 2022 to 2024]					
B-b3-6	東レエンジニアリング株式 会社			[Blue arrow from 2022 to 2024]					
B-c2	JSR 株式会社			[Blue arrow from 2022 to 2026]					
B-d1	Rapidus 株式会社			[Blue arrow from 2022 to 2026]					

※B-b3-3～B-d1 は本中間評価の評価対象外。

 ステージゲート審査委員会予定時期

先導研究（助成）

番号	事業者	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度	2026 年度	2027 年度
BS-a1	東京エレクトロン株式会社		→						
BS-b1	株式会社創晶超光		→						
BS-b2	東レ株式会社		→						
BS-b3	株式会社ダイセル		→						
BS-b4	ギガフォトン株式会社		→						

 ステージゲート審査委員会予定時期

## (2) 資金配分

テーマ	2021 年度	2022 年度 (見込み)	総執行額	総予算額 (採択決定額)
先端半導体製造 技術の開発	5,264	31,884	37,148	75,755
先導研究 (先端半導体)	273	434	707	1,126
合計	5,537	32,318	37,855	76,880

※単位：百万円。

## (3) 研究開発の実施・マネジメント体制

### 【月次報告】

全テーマを対象として研究開発の進捗状況を月次レベルで確認し、課題や方針判断等が必要な事項の確認等のマネジメントを実施している。

### 【技術推進委員会】

第三者の目線かつ専門家の立場からご助言等を頂く技術推進委員会を実施し、ステージゲート審査委員会やテーマ終了時評価委員会の審査基準を見据えながら、研究開発の進捗や実用化・事業化に向けた取組状況等の確認をして研究開発パート、事業化パートでそれぞれ5点満点の評価点を付けている。また、委員によりご指摘頂いた点を事業者にもフィードバックしながら今後のマネジメントに反映している。

### <第1回>

開催日：2022年3月15日

対象事業：先導研究（先端半導体）5テーマ（BS-a1, b1, b2, b3, b4）

### <第2回>

開催日：2022年10月3日、10月6日、10月18日

対象事業：先端半導体製造技術の開発6テーマ（B1-a1, b1, b2-1, b2-2, b3-1, b3-2）

先導研究（先端半導体）5テーマ（BS-a1, b1, b2, b3, b4）

### 【ステージゲート審査】

各研究開発テーマの事業期間の中間時点で実施する。

先導研究（先端半導体）については、2023年1月～2月頃の実施を予定。

先端半導体製造技術の開発については、2023年度の実施を予定。

#### (4) 知財や研究開発データの取扱い

「先端半導体製造技術の開発」は助成事業であり、知財は事業者に帰属する。知財の取得状況は4.(3)にて記載のとおりであり、各実施者の知財方針をベースに、成果の最大化に向けた知財戦略を取っている。

また、実施者の提案時に適切な情報管理体制及び規程等の整備状況について提出を求め、採択審査の項目の一つとしているほか、外為法等の法令遵守の取組をサポートする等、本事業の成果となる研究開発データの流出のリスクを可能な限り低減できるようマネジメントを行っている。

#### 4. 事業アウトプット

##### (1) 研究開発目標

###### 先端半導体製造技術の開発

番号	研究開発項目	実施者	開発対象	開発目標	
B-a1	(a) 先端半導体の前工程技術 (More Moore 技術) の開発	東京エレクトロン株式会社 株式会社 SCREEN セミコンダクターソリューションズ キヤノン株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・露光・微細加工技術 (微細な三次元構造の加工・形成技術等)</li> <li>・成膜技術 (新材料チャネル、新材料配線、極薄膜／多層積層技術等)</li> <li>・配線技術 (微細孔への埋め込み、裏面配線等)</li> <li>・アニール技術 (極薄膜対応技術、低熱履歴化技術等)</li> <li>・エッチング技術 (新材料、新構造のエッチング技術等)</li> <li>・洗浄技術 (微粒子／メタル濃度の極低濃度化等)</li> <li>・革新的な高生産性プロセス技術</li> <li>・先端半導体と一体として機能するメモリ (キャッシュ用途等) の製造技術</li> <li>・その他の重要な製造・プロセス技術</li> </ul>	次世代 (2.1nm や 1.5nm ノード) の先端半導体製造・プロセスにおいて求められる基本性能を具備する製造・プロセス技術を開発し、評価・検証すること。(製造装置としての検証であり、先端半導体の実工場ラインでの検証までは必須としない。) なお、さらに先端的な次々世代 (1.0nm ノード以降) の先端半導体において求められる技術開発を含める場合は、要素技術開発あるいは初期的な試作機の開発まで終えること。	
B-b1	(b) 先端半導体の後工程技術 (More than Moore 技術) の開発	(b1) 高性能コンピューティング向け実装技術	TSMC ジャパン 3DIC 研究開発センター株式会社	先端半導体の実装に必要なパッケージ基板の大面積化、3次元・高密度実装向け材料技術、製造装置等の開発とこれらに対応するアセンブリー・パッケージング技術、その他の関連する重要技術。	高性能コンピューティング向けの先端半導体 (5nm ノード以降) の実装・パッケージング工程において求められる基本性能を具備する材料、製造プロセス技術、実装技術等を開発し、パイロットラインの構築等を通じて、評価・検証すること。

番号	研究開発項目	実施者	開発対象	開発目標				
B-b2-1	(b2) エッジコンピューティング向け実装技術	先端システム技術研究組合	大きさや技術ノードが異なる複数の半導体（ロジック、AI チップ、メモリ、センサー、RF 等）を3次元積層する革新的な貼り合わせ技術、微細化が進んだ半導体間を接続する狭ピッチ接続技術、広帯域・低損失インターコネクト技術、積層対象の半導体の高性能化、その他の関連する重要技術。	エッジコンピューティング向けの先端半導体の3次元実装技術において求められる基本性能（小型・低背化、低消費電力、高集積、多機能等）を具備する3次元実装技術を開発し、パイロットラインの構築等を通じて、評価・検証すること。				
B-b2-2		ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社			B-b3-1	(b3) 実装共通基盤技術	昭和電工マテリアルズ株式会社	高性能コンピューティングやエッジコンピューティング向けの先端半導体実装技術の実装技術を支える共通的な基盤技術のうち、特に新規開発や大幅な性能向上が必要となる以下の技術。 - 実装部材（例：パッケージ基板、封止材、放熱材、研磨剤等） - 実装部材を構成する材料（例：コア材、絶縁材料・フィルム、接合材料等） - 実装部材の製造・アセンブリー技術（例：パッケージ基板製造技術等）
B-b3-1	(b3) 実装共通基盤技術	昭和電工マテリアルズ株式会社	高性能コンピューティングやエッジコンピューティング向けの先端半導体実装技術の実装技術を支える共通的な基盤技術のうち、特に新規開発や大幅な性能向上が必要となる以下の技術。 - 実装部材（例：パッケージ基板、封止材、放熱材、研磨剤等） - 実装部材を構成する材料（例：コア材、絶縁材料・フィルム、接合材料等） - 実装部材の製造・アセンブリー技術（例：パッケージ基板製造技術等）	先端半導体実装技術（5nmノード以降）において求められる基本性能を具備する基盤技術を開発し、3次元実装に係る実工場ラインへの適用を見据えて、実用性の評価・検証をすること。				
B-b3-2		住友ベークライト株式会社						

先導研究（助成）

番号	研究開発項目	実施者	開発技術
BS-a1	(a) 先端半導体の前工程技術 (More Moore 技術) の開発	東京エレクトロン株式会社	露光・微細加工技術、成膜技術、配線技術、アニール技術、エッチング技術、洗浄技術、革新的な高生産性プロセス技術、先端半導体と一体として機能するメモリの製造技術等のうち、先端的な次々世代（1.5nm ノード以降）の先端半導体において求められる要素技術
BS-b1	(b) 先端半導体の後工程技術 (More than Moore 技術) の開発	株式会社創晶超光	高性能コンピューティング向け実装技術、エッジコンピューティング向け実装技術、実装共通基盤技術等のうち、先端的な次々世代（1.5nm ノード以降）の先端半導体の実装において求められる要素技術
BS-b2		東レ株式会社	
BS-b3		株式会社ダイセル	
BS-b4		ギガフォトン株式会社	

(2) 研究開発の成果

番号	研究開発項目		実施者	主な成果
B-a1	(a) 先端半導体の前工程技術 (More Moore 技術) の開発		東京エレクトロン株式会社 株式会社 SCREEN セミコンダクターソリューションズ キヤノン株式会社	<p>①先端半導体製造技術の開発</p> <p>1) 次世代型製造装置の研究開発 (東京エレクトロン)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2021 年度に試作装置の設置を完了し、中間目標のウェハー搬送能力等は 2022 年 6 月に取得。</li> </ul> <p>2) 先端洗浄技術の開発 (SCREEN セミコンダクターソリューションズ)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ウルトラクリーンに向けて、処理液の清浄度とウェハーの清浄度の相関づけ、また洗浄装置チャンバ内の気流の可視化 (数値化) により、清浄度に影響するパラメータ抽出が可能になった。</li> </ul> <p>3) 先端アニール技術の開発 (SCREEN セミコンダクターソリューションズ)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・アニール装置で使用する高色温度ハロゲンランプの設計、及び試作機の設計を完了。今後、試作機を製作して検証を行う。</li> </ul> <p>4) 先端露光技術の開発 (キヤノン)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ナノインプリント半導体製造装置の性能向上のために各種要素技術の試作評価を行った。</li> <li>・産総研スーパークリーンルーム (SCR) で既存の CMOS パターンを用いた加工検証を行った。</li> </ul> <p>②先端 3 次元構造ロジック半導体の製造・プロセス技術の開発とパイロットラインの整備</p> <p>1) プロセス装置の導入と立ち上げ完了 (国立研究開発法人産業技術総合研究所)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本体装置 16 台の調達完了。</li> </ul>
B-b1	(b) 先端半導体の後工程技術 (More	(b1) 高性能コンピューティング向	TSMC ジャパン 3DIC 研究開発センター株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・後工程プロセスラインを設置するつくばクリーンルーム改修工事を 2022 年 6 月に完了。装置搬入をほぼ完了させ、2023 年 1 月より本格稼働を予定。</li> </ul>

番号	研究開発項目		実施者	主な成果
	than Moore 技術) の開発	け実装技術		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新型材料の開発は、現在量産に使用されている材料の課題と、ターゲット仕様を明確にし、パートナーサプライヤーとの材料開発を推進中。</li> </ul>
B-b2-1		(b2) エッジコンピューティング向け実装技術	先端システム技術研究組合	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 低温での Wafer on Wafer (WoW) 接合及び Chip on Wafer (CoW) 接合技術の開発を実施。</li> <li>・ WoW 接合技術開発では、接合プロセス検証を可能にする複合装置(試作機)の設計を完了。また有機分子接合技術開発では、各種の分析技術を確立することで、成膜条件などを検討する土台作りができた。</li> <li>・ CoW 接合技術開発では、独自の異方性導電膜による低温接合での接続検証、また高品質なプラズマダイシング装置開発に向けてハードウェア組立を完了。</li> </ul>
B-b2-2			ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 狭ピッチ WoW 接続及び CoW 接続技術の開発を実施。</li> <li>・ 1<math>\mu</math>m ピッチ WoW モジュールの電気特性と信頼性データの取得の為に積層モジュールのマスクを作成。</li> <li>・ マスクを用いて Daisy チェーン抵抗検証用の Test Element Group (TEG) 作成を開始。</li> <li>・ 6<math>\mu</math>m ピッチ <math>\mu</math>Through Silicon Via (TSV) の Time Dependent Dielectric Breakdown (TDDb) 評価にて 10 年以上の寿命を確保。</li> <li>・ 6<math>\mu</math>m ピッチ Cu-Cu 接続 CoW モジュール検証のための新たなマスクを作成しフロー構築を開始。</li> </ul>
B-b3-1	(b3) 実装共通基盤技術	昭和電工マテリアルズ株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 半導体実装向けの材料メーカーや装置メーカー、計 14 社が集まったコンソーシアム「JOINT2」を立ち上げ、半導体実装技術の評価プラットフォームを構築。</li> <li>・ 微細バンプ接合技術では、基板平坦性を確保し、バンプピッチ微細化時の課題を見極めた開発を実施。</li> </ul>	

番号	研究開発項目	実施者	主な成果
			<ul style="list-style-type: none"> <li>・微細配線技術では、再配線有機インターポーザとチップ埋込インターポーザを試作して開発。</li> <li>・高信頼性大型基板技術では、検証用パッケージを試作して課題抽出を完了。</li> </ul>
B-b3-2		住友ベークライト株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Wafer Level Package (WLP) 向け封止材の開発では、低応力剤・フィラーの検討を実施。</li> <li>・アンテナ向け封止材の研究開発では、高誘電フィラーに関する検討が計画通り進捗し、誘電正接とのバランスがとれた材料を開発。</li> <li>・再配線用感光材の開発は、高解像度の Line and Space (L/S) を達成。樹脂構造設計変更により誘電正接も改善見込。</li> </ul>

#### 先導研究（助成）

番号	研究開発項目	実施者	主な成果
BS-a1	(a) 先端半導体の前工程技術（More Moore 技術）の開発	東京エレクトロン株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・MRAM 向けの反応性イオンエッチング (RIE) の技術開発を実施。</li> <li>・1.5nm ノードの磁気トンネル接合 (MTJ) ピッチアレー形成のための RIE 基盤技術において、ピッチ<math>\leq 50\text{nm}</math>、テーパー角<math>\geq 80^\circ</math>、幅<math>\leq 40\text{nm}</math>の Line 形状を RIE で形成し RIE 技術を確立、および試作した TEG において、40nm 以下で磁気抵抗効果 (MR) 比劣化度 20% 以下を確認した（中間目標の前倒し達成）</li> </ul>
BS-b1	(b) 先端半導体の後工程技術（More than Moore 技術）の開発	株式会社創晶超光	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CsLiB<sub>6</sub>O<sub>10</sub> (CLBO) 波長変換素子の特性向上及び CLBO を用いたレーザー加工技術の開発を実施。</li> <li>・CLBO 結晶材料に含まれる水不純物の制御、結晶成長過程の最適化で良質な結晶の生成ができるようになった。</li> <li>・品質低下の原因である結晶内欠陥、散乱の形成メカニズムを研究して対策を考案し</li> </ul>

番号	研究開発項目	実施者	主な成果
			<p>つつ、結晶の品質を短時間で評価する評価方法を構築した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本結晶を用いる高レーザー損傷耐性光学系の設計が完了。レーザー加工装置の構築を行い無アルカリガラスの穴あけ加工特性取得中。</li> </ul>
BS-b2		東レ株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シリコンフォトニクス向けの薄膜半導体レーザーチップに対して、レーザーリフトオフ（LL0）によるマストランスファー技術の開発を実施。</li> <li>・LL0によりチップ割れなく転写を行う原理確認を、小片（1cm角基板）を用いて完了。</li> <li>・LL0の際に使用される、粘着層を有するLL0材及び、キャッチ材を開発し、LL0転写精度の評価方法を確立した。その結果、<math>\pm 3\mu\text{m}</math>以内の位置精度を確認した。</li> </ul>
BS-b3		株式会社ダイセル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Cu焼結接合技術、高信頼性基板技術等の開発を実施。</li> <li>・Cu焼結材でチップと基板の250°C接合に成功。</li> <li>・<math>\phi 20\mu\text{m}</math>の層間絶縁接着剤ホールパターン形成に成功。</li> <li>・先端半導体の高性能化・小型化へ向け、銀膜を介した銅マイクロバンプ接合技術により、工程負荷の少ない低温・低圧の半導体3次元プロセスを実現。</li> <li>・新めっき技術によるナノスケール欠陥抑制効果を初めて確認。</li> </ul>
BS-b4		ギガフォトン株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存KrFエキシマレーザー光源に試作した光学系と深紫外域回折光学素子(DOE)を組み合わせた穴加工技術の開発を実施。</li> <li>・、難加工材料であるガラス基板に対する<math>\Phi 15\mu\text{m}</math>での多穴一括加工を達成。</li> <li>・高ビーム品位KrFエキシマレーザー光源開発において、レーザー光利用効率を改善する新規技術の有効性を確認。</li> </ul>

番号	研究開発項目	実施者	主な成果
			・レーザーアブレーション加工に関する研究成果を国際学会 SLPG2022 ならびに Radtech Asia 2022 にて発表。

### (3) 活動指標

年度	論文数	国内特許出願	国外特許出願	PCT 出願
2021 年度	0 件	23 件	0 件	1 件

国際標準への寄与
なし

プロトタイプの実成
なし

## 5. 事業アウトカム

### (1) 事業アウトカムの内容

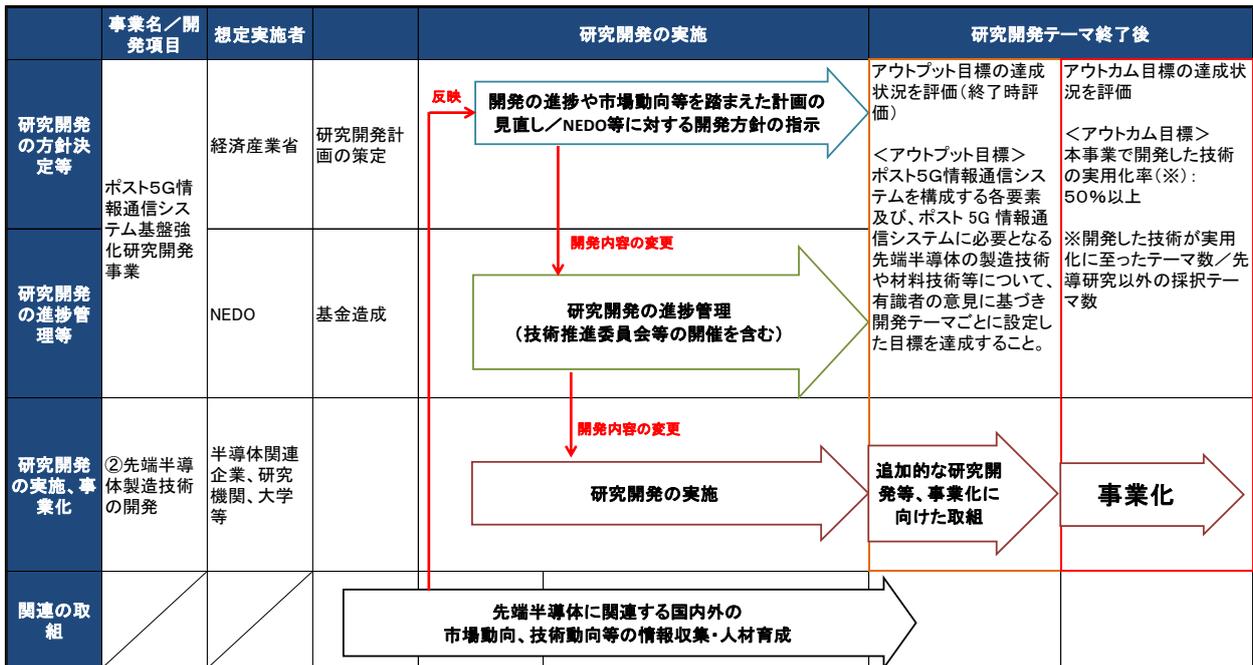
「(a) 先端半導体の前工程技術 (More Moore 技術) の開発」で実施している先端半導体の共用パイロットラインの構築については、我が国の強みである半導体装置・材料メーカーが本パイロットラインを活用することで、各メーカーにおける研究開発の促進に寄与することを目指す。また、「(a) 先端半導体の前工程技術 (More Moore 技術) の開発」以外の半導体製造プロセス技術の開発については、開発された技術が実ビジネスにおける半導体製造プロセスやパッケージングプロセス等に適用されることを目指す。

開発された技術が広く活用されることで、増大する計算需要や低消費電力化等のニーズに対応し、今後さらに拡大が見込まれる先端半導体市場や、先端半導体向けの装置や材料分野における競争力強化が期待される。

### (2) 事業アウトカム目標

アウトカム目標		目標の設定理由
各採択テーマ終了後概ね3年時点	本事業で開発した技術の実用化率(※): 50%以上 ※開発した技術が実用化に至ったテーマ数/採択テーマ数。ただし、先導研究は除く。	NEDOにおいては、通常の研究開発事業の実用化達成率の目標を、事業終了後5年経過後の時点で25%以上と設定しているが、本事業が設置された背景を踏まえ、本事業では、実用化達成率50%以上という高いアウトカム目標を設定している。

## 6. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ



## 7. 費用対効果

### （1）事業期間全体の国費総額（採択決定額）

先端半導体製造技術の開発（助成）

75,755（百万円）

先導研究（助成）

1,126（百万円）

### （2）費用対効果

経済産業省としては、本事業による先端半導体製造技術の開発の他、現在実施している研究開発事業、5G促進法に基づく先端ロジック及びメモリ半導体への生産施設整備等への支援等を通じて、2030年に、国内で半導体を生産する企業の合計売上高（半導体関連）として、15兆円超の実現を目指している。また、半導体はデジタル社会を支える重要基盤技術として安全保障にも直結する死活的に重要な戦略技術であり、この観点からも我が国として半導体技術を保有することは重要な意義がある。

このため、本事業により得られる先端半導体製造技術開発の成果が広く普及すれば、高い費用対効果が期待される。