

【超安全な社会を目指した  
次世代高速通信デバイス向け革新技術の開発】

2025年2月14日

## 【エクゼクティブサマリ（中間）】

### ＜本プロジェクトの基本的な考え方＞

情報化社会の拡大により、交通事故や災害等を瞬時に予測して共有するシステムが今後の超安全な社会では重要になる。そのためには、大量のデータ等を集めて解析し、必要な場所へ高速に伝える無線技術等の性能向上が不可欠となり、交通事故ゼロや大きな災害の拡大防止にも繋がる。2030年代に開始を目指す第6世代（6G）通信においては、5Gと比較して10倍の高速・大容量通信、同時多数接続・センシング、超低遅延、1/100の超低消費電力・低コスト化を実現することを目標とし、2030年代後半には100GHz超の高周波帯域の使用が想定される。次世代高速通信産業の市場規模は2035年には約1.3兆ドルと予測されており、基板材料の市場だけでも2028年には36億ドルと2021年の15億と比較しても成長が著しいが、我が国の5G基地局の世界における市場占有率はわずか1.5%と劣勢であるのに対し、素材においては、日本企業が一定の世界シェアを有するため、材料やデバイスの優位性をこれまで以上に確保する必要がある。そのような状況の中、政府戦略等に着目してみると、システム開発などは重点化されているものの、残念ながらそれらすべての基礎となる素材開発についてはあまり記載されていない。5Gで使用されるような材料でスペックを延長させてデバイス化を検討しているだけでは、100GHz超の通信に適用するには限界が見え始めてきていることから、6G以降の世代の通信における高機能なデバイスを構成するには、材料そのものにおいても極めて高い要求スペックを満たす必要がある。また、高周波帯域は高速通信のみならず、電磁波を用いるセンサデバイスにおいても同様に、超安全な社会の実現に向けて必要な技術である。このような観点から、次世代高速通信に向けたモノづくり産業の活性化実現に向け、日本の強みである部素材産業を起点としたサプライチェーン強靱化ならびに経済安全保障に資する具体的な取り組みを推進する。

### ＜検討の視点と範囲＞

国際競争が激化する中で、「ものづくり」が日本の強みであり、デバイス化・システム化を含めたサプライチェーンの強靱化が問われている。これまでのような分業体制ではなく、サプライチェーンの上流下流をつないだ産業構造の構築を目指す（図1）。本プロジェクトにおける検討の視点として、特に経済安全保障の観点から、ミリ波、サブテラヘルツ波等の高周波帯域を使った次世代通信やセンサ等の応用をターゲットとした新規機能性材料や革新的なデバイスについて、国際規格化を見据えて先駆的な開発を行うことにより、「戦略的不可欠性：日本のその技術がなくなると他国が困る技術」を発揮できるような仕組みを目指すために取り組むべきテーマと位置づけ、日本が目指すべき次世代高速通信に向けたモノづくり産業における開発ロードマップ等を報告書にまとめ、足りていない支援などを国に提言するための基盤、共通認識を醸成することを目標とする。

- 川上の部素材メーカーは川下の通信ベンダーの仕様に合わせた複数の製品開発が必要。さらに、次世代通信における材料開発では材料単体での特性評価では不十分。
- デバイスメーカーを巻込んだ共通基盤となる評価モデルを制定することで、川下の通信ベンダーまでの評価軸を統一化。これにより部素材メーカーの製品開発指針が明確化し、部素材メーカーの材料開発が進展。

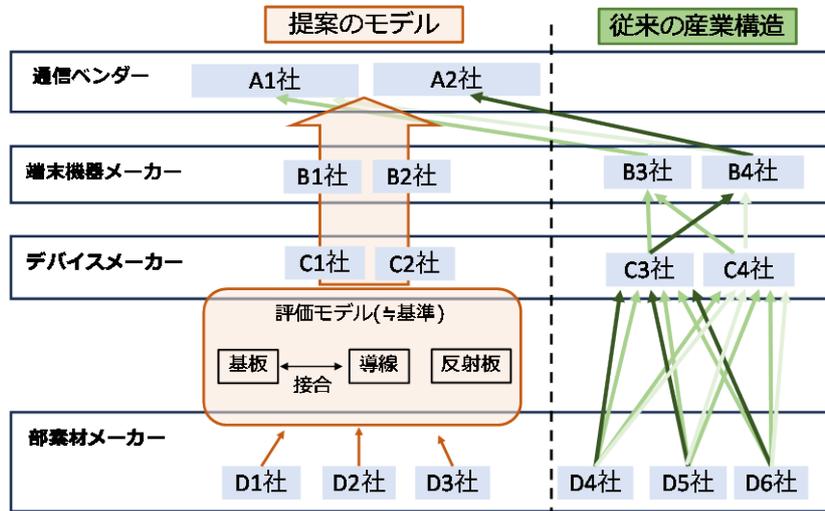


図1 次世代高速通信向け材料開発に向けた産業構造における課題と目指すべきモデル

### <産業競争力強化のための提言および施策>

日本のモノづくり産業の強みを大きく生かすためには下記のような観点が重要ととらえ、推進テーマにおける会議を通じて関係企業や研究開発機関、大学等へのヒアリングや勉強会などを開催し、具体的な議論を進め、提言としてまとめていく。

1. 利用周波数帯を見据えたモデルデバイスの検討、必要なデバイス・材料スペック、それらを製造するための技術の精査
2. 国内外の次世代通信における研究開発動向や6G 新規参入が考えられる産業・企業などの調査
3. 戦略的不可欠性を担保するための、材料の視点、デバイスの視点、通信システムの視点から開発すべき技術の洗い出し
4. 評価方法の標準化などの議論

### <最終報告書に向けた検討上の課題と展開>

最終報告書に向けた検討上の課題と展開について以下に示す。

- ① 個社では繋がれない、サプライチェーン上の上流下流の意見交換、ディスカッションの場の形成  
⇒ 他の枠組みである XG モバイル推進フォーラム (XGMF) との連携の強化を展開
- ② 次世代高速通信がもたらす新たなサービスの議論やそれらに必要な技術の検討
- ③ 海外の動向調査。日本企業がイニシアティブをとる市場形成のための枠組みの検討
- ④ 上記を踏まえた、協調領域となりえるファブの整備、計測手法・標準化の確保の方法の議論

## 【目 次】

プロジェクトメンバー	．．．．．2
本文	
1. 緒言	．．．．．4
2. 本推進テーマが目指す産業競争力強化に向けたビジョンとミッション	．．．．．6
3. 活動状況	
3.1 活動体制について（2025年1月現在）	．．．．．7
3.2 活動状況について	．．．．．8
4. 開発に取り組むべき具体的な技術の例示	．．．．．15
5. 議論の方向性・推進テーマの進め方の整理	．．．．．19

## 【プロジェクトメンバー】

リーダー	中野 隆志	産業技術総合研究所 研究戦略企画部 次長
CO リーダー	奥田 良治	東レ株式会社 電子情報材料研究所 所長
	長永 隆志	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 先進機能デバイス技術部長
メンバー	藤代 芳伸	産業技術総合研究所 極限機能材料研究部門 研究部門長
	三村 憲一	産業技術総合研究所 極限機能材料研究部門 蓄電材料グループ 研究グループ長
	鶴田 彰宏	産業技術総合研究所 極限機能材料研究部門 電子セラミックスグループ 主任研究員
	嶋村 彰紘	産業技術総合研究所 マルチマテリアル研究部門 セラミック機構部材グループ 主任研究員
	阿多 誠介	産業技術総合研究所 化学プロセス研究部門 スマートフロープロセスグループ 主任研究員
	野村 健一	産業技術総合研究所 センシングシステム研究センター フレキシブル実装研究チーム 研究チーム長
	加藤 悠人	産業技術総合研究所 物理計測標準研究部門 電磁気計測研究グループ 主任研究員
	田丸 慎吾	産業技術総合研究所 新原理コンピューティング研究センター スピンデバイスチーム 主任研究員
	加藤 大	産業技術総合研究所 企画本部技術政策室 室長
	中谷 貴之	産業技術総合研究所 企画本部技術政策室 企画主幹
	友久 伸吾	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 先進機能デバイス技術部 高周波デバイス技術グループマネージャー
	高田 亮介	株式会社日本触媒 エレクトロニクス&環境ソリューション企画開発部 主任部員
	石津 健太郎	情報通信研究機構 Beyond5G 研究開発推進ユニット Beyond5G デザインイニシアティブ長
	溝手 範人	デンカ株式会社 電子・先端プロダクツ部門ポリマーソリューション部門高分子加工研究部 部長
	五郡 大輔	デンカ株式会社 電子・先端プロダクツ部門 高機能粘接着材料部 エレグリップグループ
オブザーバー	岸 洋司	株式会社 KDDI 総合研究所 先端技術研究所 無線部門 プロフェッショナル

	豊田 裕介	株式会社本田技術研究所 執行役員
	沼田 亜希子	株式会社本田技術研究所 統括機能センター 管理室
	松村 定晴	株式会社本田技術研究所 材料開発センター先端コア 材料ブロック チーフエンジニア
	山口 健洋	株式会社レゾナック 共創の舞台 次世代高速通信材 料グループ
COCN 担当実行委員	水落 隆司	三菱電機株式会社 執行役員 開発本部
	谷 明人	JX 金属株式会社 常務執行役員 技術本部審議役
COCN 担当企画小委員	坂口 隆明	三菱電機株式会社 産業政策渉外室 担当部長
COCN アドバイザー	島田 啓一郎	ソニーグループ株式会社 社友
COCN 企画小委員	福山 満由美	株式会社日立製作所 研究開発グループ 技術戦略室 技術顧問
	佐藤 桂樹	トヨタ自動車株式会社 R-フロンティア部 担当部長
	今泉 延弘	富士通株式会社 富士通研究所 研究変革室 兼 グローバル政策推進本部 リサーチディレクター
	鎌田 芳幸	株式会社東芝 経営企画部 政策渉外担当 統括部長 ゼ ネラルマネージャー
COCN 事務局長	山口 雅彦	一般社団法人産業競争力懇談会 (COCN)
COCN 副事務局長	武田 安司	一般社団法人産業競争力懇談会 (COCN)
COCN 事務局長代理	金枝 上 敦史	一般社団法人産業競争力懇談会 (COCN)

## 【本 文】

### 1. 緒言

国内の移動通信のトラフィック量（非音声）は直近 10 年間で 13 倍に増加しており（図 2）、世界の移動通信は今後 5 年間で 4 倍以上に増加するとの予測されている[エリクソンモビリティレポート(2023/6)、 <https://www.ericsson.com/4a030a/assets/local/about-ericsson/company-facts/worldwide/japan/doc/20236.pdf>]。次世代高速通信技術の進展は、デジタル社会の基盤を支える重要な要素である。特に、5G を超える Beyond 5G や 6G の実現に向けて、通信速度の飛躍的な向上、低遅延、大容量化が求められている。これにより、スマートシティ、IoT（モノのインターネット）、自動運転、遠隔医療など、多岐にわたる分野での革新が期待される。2030 年代に開始を目指す第 6 世代（6G）通信においては、5G と比較して 10 倍の高速・大容量通信、同時多数接続・センシング、超低遅延、1/100 の超低消費電力・低コスト化を実現することを目標とし、2030 年代後半には 100GHz 超の高周波帯域の使用が想定され、各機関においてホワイトペーパーが発表されている（図 3）。

次世代高速通信の実現は、以下のような社会的・経済的意義を持つと考えられる。

- ① **超安全な社会の実現、生活の質の向上**: 高速かつ大容量の安定した遅延のない通信環境は、完全自動運転などによる交通事故のない社会、自然災害の正確な予測などの超安全な社会の構築、遠隔教育や遠隔医療の普及を支え、生活の質の向上が期待される。
- ② **経済成長の促進**: 次世代高速通信の普及は、新たなビジネスモデルの創出や産業の高度化を促進し、経済成長を牽引可能とする。
- ③ **環境負荷の軽減**: 効率的な通信技術の導入により、エネルギー消費の削減や環境負荷の軽減が期待される。

月間平均トラフィックの推移（2010年12月から2023年12月）

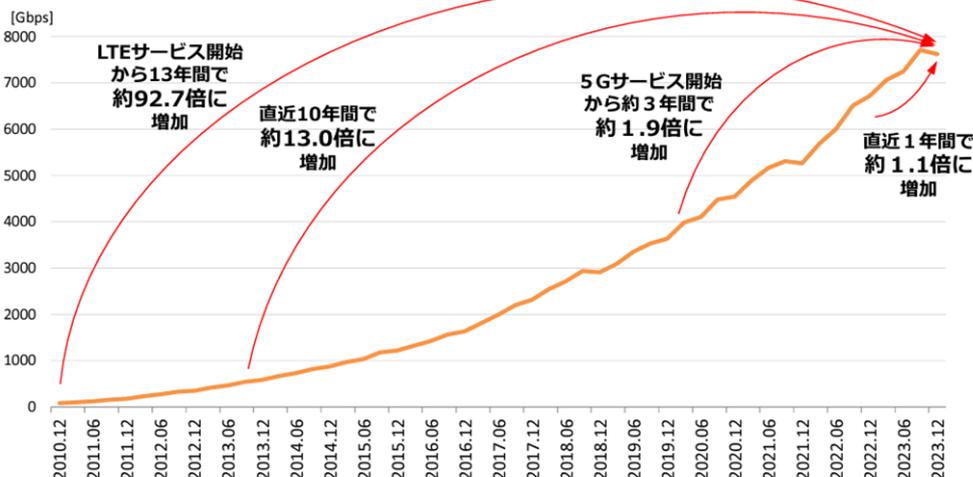
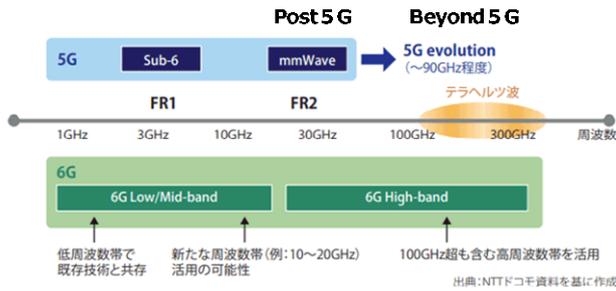


図 2 我が国のトラフィックの推移

引用:総務省、通信量からみた我が国の音声通信利用状況(年度)

<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/tsuushin06.html>

## 次世代通信の周波数帯



**データ容量 = 周波数 × ビット数**

通信速度

4G (現状) → 5Gにより、約40倍  
→ 6Gにより、約1000倍

低遅延 : 遠隔医療、自動運転など  
多接続 : 自動生産など  
高信頼性通信 : 高度な動作安定性

Beyond 5G/6G ホワイトペーパー  
(国内大手通信キャリア)



図 3 次世代通信の周波数帯と期待

次世代高速通信産業の市場規模は 2035 年には約 1.3 兆ドルと予測されており、基板材料の市場だけでも 2028 年には 36 億ドルと 2021 年の 15 億ドルと比較しても成長が著しい。我が国の 5G 基地局の世界における市場占有率はわずか 1.5%と劣勢であるのに対し、素材においては、日本企業が一定の世界シェアを有するため、材料やデバイスの優位性をこれまで以上に確保する必要がある (図 4)。そのような状況の中、政府戦略等に着目してみると、システム開発などは重点化されているものの、それらすべての基礎となる素材開発においては残念ながらあまり記載されておらず (図 5)、5G で使用されるようなスペックの延長上にあるような材料でデバイス化を検討しているだけでは、100GHz 超の通信に適用するには限界が見え始めてきている。そのため 6G 以降の世代の通信における高機能なデバイスを構成する材料自体も極めて高い要求スペックを満たす必要がある。また、自動車搭載用のセンサやこれから無数に実装されることが予想される IoT デバイスにおける同時多接続通信などの技術に対しても材料からアプローチする必要がある。このような観点から、次世代高速通信に向けたモノづくり産業の活性化実現に向け、日本の強みである部素材産業を起点としたサプライチェーン強靱化ならびに経済安全保障に資する早急な取り組みが必要であり、社会全体の発展に寄与する重要な課題である。これらの課題を克服し、技術革新を推進することで、より豊かな未来を築くことが期待される。

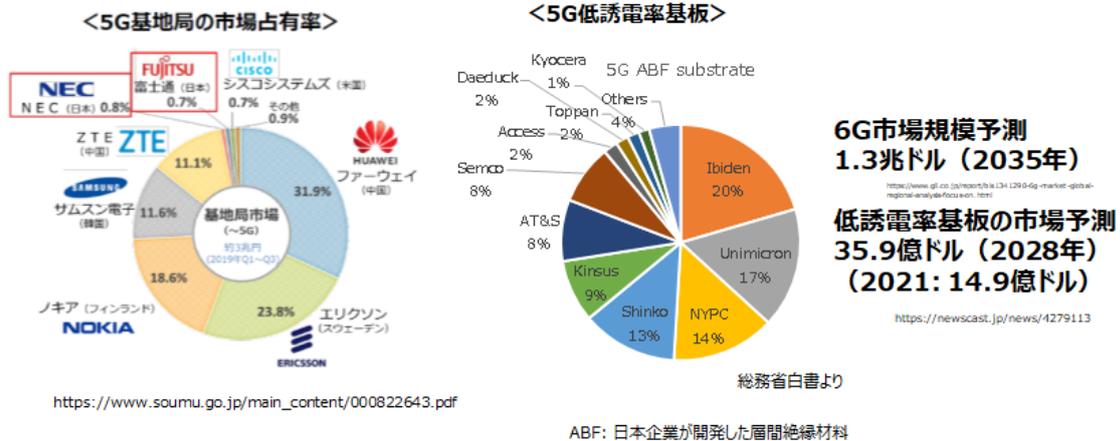


図4 5Gにおける市場占有率(基地局と低誘電率基板)

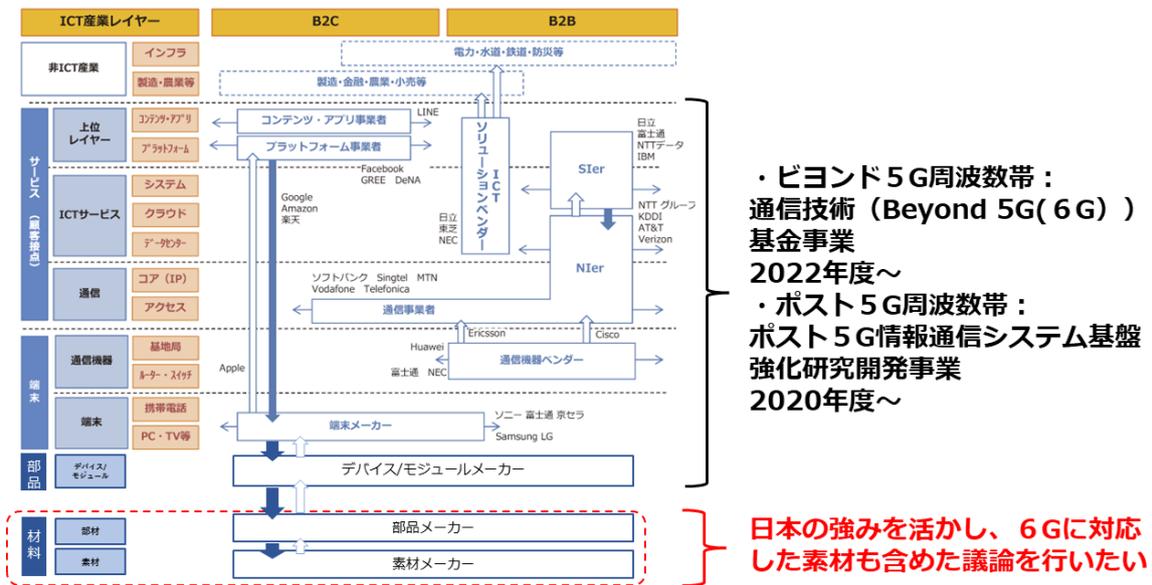


図5 通信産業の構造と次世代通信に向けた開発支援等

引用:総務省、“世界のICT産業構造の変化”より改編

<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h26/html/nc122100.html>

## 2. 本推進テーマが目指す産業競争力強化に向けたビジョンとミッション

次世代高速通信におけるモノづくり産業の産業競争力強化に向けたビジョンやミッションとして、特にサプライチェーンの強靱化と経済安全保障の観点を中心に、以下のような観点を掲げて活動をスタートさせた。

### ビジョン

#### 1. グローバルリーダーシップの確立

- 次世代高速通信技術において、世界をリードする技術力と製品開発力を持つ企

業群を形成し、国際市場での競争力を高めることを目指す。

## 2. 持続可能な社会の実現

- 環境に配慮した製造プロセスと材料を採用し、持続可能な社会の実現に貢献する。エネルギー効率の高い通信技術を開発し、カーボンニュートラルを目指す。

## 3. イノベーションの推進

- 産学連携を強化し、最先端の研究成果を迅速に実用化することで、革新的な製品やサービスを提供する。

## ミッション

### 1. サプライチェーン・バリューチェーンの強化

- 水平分業の推進: 各企業が得意とする技術を磨き上げ、サプライチェーン・バリューチェーン全体での価値向上を図る。
- 共創連携の促進: サプライチェーン・バリューチェーンを跨いだ共創連携を推進し、異なる分野の企業や研究機関との協力を強化する。

### 2. 経済安全保障の確保

- 戦略的不可欠性の確保: 我が国の強みであるモノづくり産業の優位性を伸ばすための施策を策定する。特に3の国際標準化の推進とセットと考え、協調領域の最先端技術の研究開発と計量標準・校正を可能とするプラットフォームの必要性の議論。

### 3. 国際標準化の推進

- 国際標準化への積極的関与: 次世代高速通信技術の国際標準化に積極的に関与し、グローバル市場での競争優位性を確保する。

これらのビジョンとミッションを掲げることで、次世代高速通信におけるモノづくり産業の競争力を強化し、持続可能な成長を実現することが期待される。

## 3. 活動状況

### 3-1. 活動体制について（2025年1月現在）

本テーマは図6に示す通りの活動体制にて進めることとした。リーダー機関はサプライチェーン・バリューチェーンの強化の推進ならびに協調領域であるプラットフォームの検討・提案などの観点から、公的機関である産総研が本テーマをまとめる方針とし、デバイス・素材の各メーカーからの参画によりスタートした。

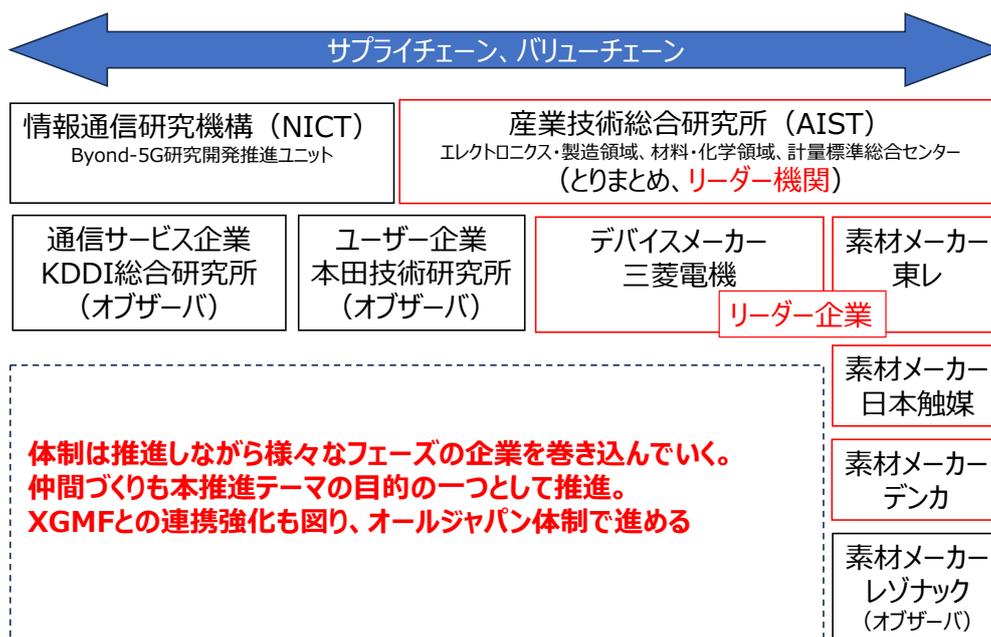


図 6 本推進テーマの活動体制

上記の体制が万全ではなく、デバイスメーカー、ユーザーメーカー、通信事業者などサプライチェーン上の様々なフェーズの企業を随時巻き込んで議論を深めていく。仲間づくりも本推進テーマの目的の一つとして、特にモバイル通信へのニーズの変化に対応するため、モバイルサービスの普及/モバイルビジネスの展開を推進している XG モバイル推進フォーラム (XGMF) との連携強化を図り、オールジャパン体制で議論を展開する予定である。

### 3-2. 活動状況について

本章では、これまでに行った推進テーマ活動の詳細をまとめる。

#### ①リーダー機関 3 者会合 (提案前会合)

2024 年 8 月 19 日 11 : 30-12 : 15

開催場所 : Teams 会議

参加者 (敬称略)

三菱電機 (株) 先端技術総合研究所 : 友久 伸吾、長永 隆志

東レ (株) 電子情報材料研究所 : 藤田 陽二

産総研 : 中野 隆志、三村 憲一、阿多 誠介、鶴田 彰宏、嶋村 彰紘

#### 【会議の概要】

COCN 推進テーマへの提案を行うにあたり、まずはリーダー機関 3 者で議論を行った。上記 3-1 で示すような体制作りを進めることに合意し、推進テーマとしての目指すアウトプットとして、「日本が目指すべき次世代高速通信に向けたモノづくり産業における開発ロードマップ等を報告書にまとめ、足りていない支援を国に提言する基盤を作る」ことで合意した。

また、日本企業に裨益する体制ということで、検討事項に国際標準化を含める必要があること、協調領域について議論を進めて明確化していくことを確認した（図7）。その他の意見としては、本推進テーマにおいて、海外連携などはどうするのかという議論があり、COCNでの提案ヒアリングにおいても国際的に周波数が決まりつつあるので、その流れに協調する必要がある、海外の同行はウォッチする必要があるとの指摘もあったため、有志国の海外企業を最初から排除するものではないとの理解で合意した。

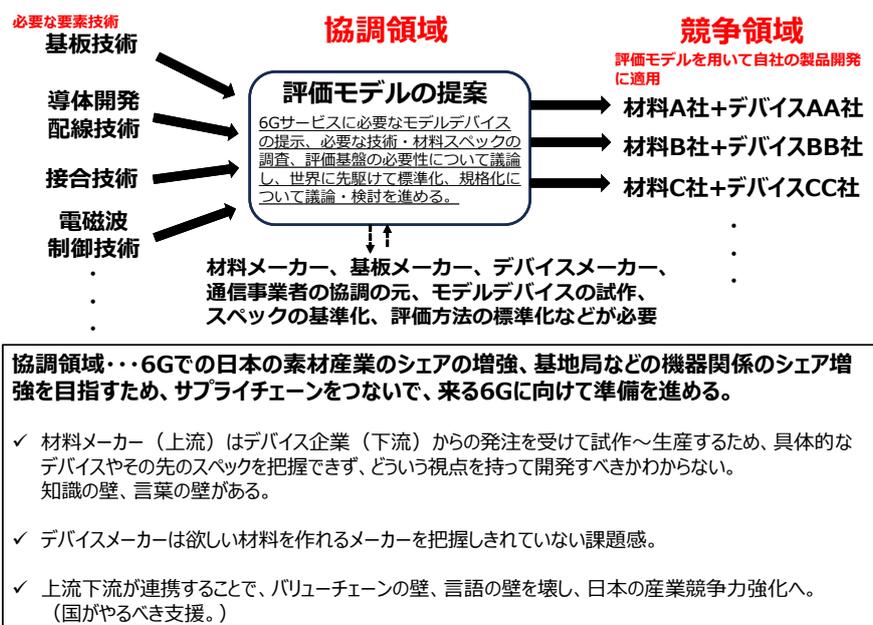


図7 次世代高速通信に向けた材料・デバイス開発の協調領域と競争領域についての整理

## ②キックオフ会議

日 時：2024年11月21日（木）10:00-12:00

場 所：Teams 会議

参加者：

### 【参画機関】

〔産業技術総合研究所〕中野隆志，三村憲一，鶴田彰宏，嶋村彰紘，阿多誠介，野村健一，加藤大，中谷貴之，

〔三菱電機株式会社〕長永隆志，友久伸吾，

〔東レ株式会社〕藤田陽二

### 【オブザーバー】

〔情報通信研究機構〕石津健太郎，〔株式会社 KDDI 総合研究所〕岸洋司，

〔株式会社本田技術研究所〕豊田裕介

### 【COCN】

水落隆司（三菱電機株式会社），谷明人（JX 金属株式会社），坂口隆明（三菱電機株式会社），島田啓一郎（ソニーグループ株式会社），鎌田芳幸（株式会社東芝）山口雅彦，金枝上敦史（COCN 事務局）（敬称略・順不同）

## 【会議の概要】

産総研の6G材料開発に向けた取り組みについての紹介、今後の進め方・参画機関の声かけ状況、中間報告までのスケジュール確認、府省懇談状況が説明された。その中で、目指すべきサプライチェーンを超えた連携のイメージ（図8）ならびにアウトプットとして、次世代通信向け材料開発を起点とした国家プロジェクト化のスケジュール案（図9）などを示し、まさに今取り組まなければならないテーマであることの再認識を行った。また、産総研より、経産省イノベーション政策課と6Gに関する意見交換（11/18）の概要説明があり、海外展開の可能性や民間だけでできないことは何か等を強く意識していた様子であること、電波法等の縛りで市販品を使用した場合の自由度が低く、思うような利用ができないという声を聞くというような情報を得たため、もう少し緩いカテゴリーで新しいシステムを考えていくような取り組みがあると有用ではないか、などを例に議論を進めた。その中で、本テーマの出口の対象を6Gだけに絞るのか、サブTHzのビジネスだと10年くらいかかるので、早い段階で実装が想定できるかもしれないセンサ等に関する展開は全く想定しないのか、取り扱う内容によって参加メンバーの領域やその期待値が変わるのではないかなど意見があり、6Gに縛らず、センサ等への展開（次世代高速通信とその周辺分野）も含めた議論を進められれば良いという意見で一致し、今後の声かけには幅広く企業を補足していくという認識のすり合わせを行った。また、基板などの材料だけに限らずトランジスタなど、デバイス・モジュールに近いところで、現段階の国際競争力はどの程度なのかという質問もあり、4Gや5G基板における日本の市場占有率は高いが、6Gを見据えた基板や導体は基礎研究+ $\alpha$ レベルであることや、トランジスタの研究開発レベルでは国内外で活発な発表が成されているが、技術的な可能性に関する発表であり、TRLは低い報告が多いことなどの意見が得られた。どのように使うかにより変化する部分もあるので、参画する各社との議論で位置取りを明確にする必要があるという今後の議論の方針を得た。

国への提言では、どのような立ち位置（日本が優位なのか、巻き返す必要があるのか）で進めるかは重要であり、日本のモノづくり産業のポテンシャルの高さを推すようなポジティブな表現で進めるのも良いのではないかという意見もあり、6Gに限らず、周波数は低い量子コンピュータなど、新たな材料開発という視点で可能であれば幅広く見るのも良いのではないかという方針がなされた。その他、次回の会議までに素材メーカーで精力的に共創連携を推進している企業への本推進テーマへの参加の声かけ、ならびに推進テーマの長期的なスケジュールの確認を行うことで合意した。

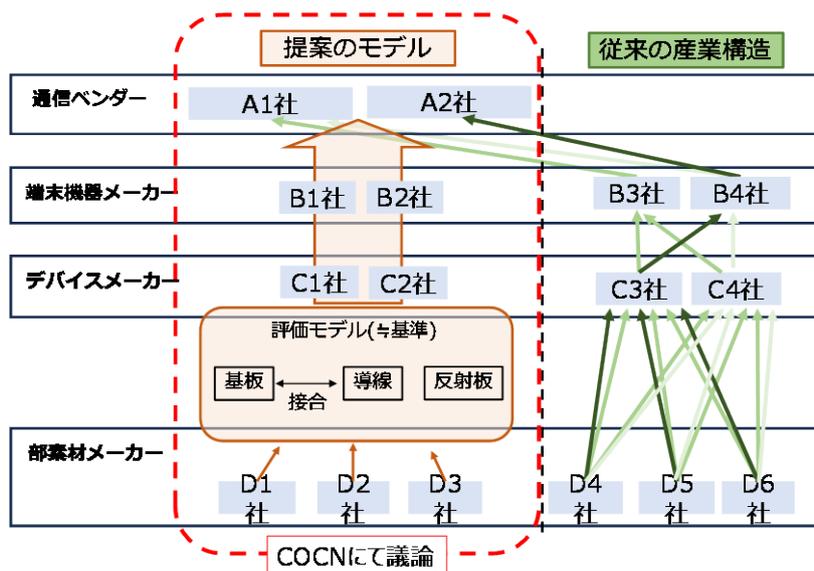


図8 目指すべきサプライチェーンを超えた連携体制  
(例えば国プロなどで連携基盤を構築するなど)

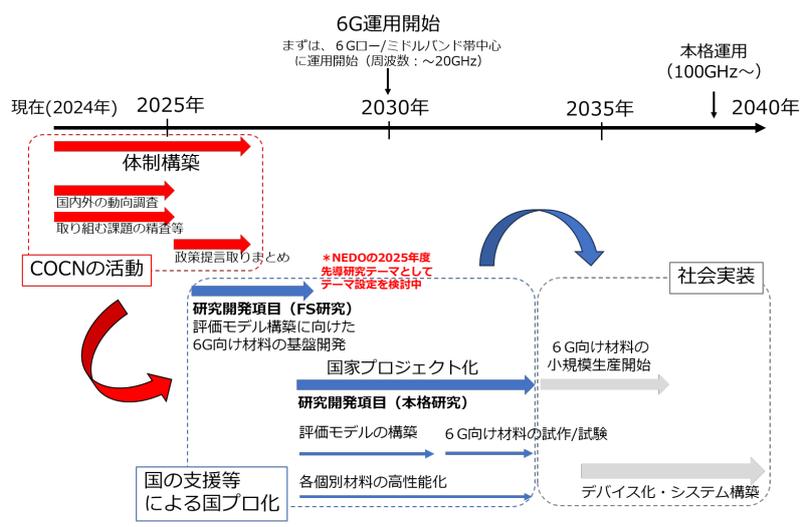


図9 次世代高速通信向け革新技術開発のスケジュール感

③第一回会議

日時：2025年1月10日（金）10:00-12:00

場所：Teams 会議

参加者：

【参画機関】

[産業技術総合研究所] 中野隆志, 藤代芳伸, 三村憲一, 鶴田彰宏, 嶋村彰紘, 阿多誠介, 加藤悠人, 田丸慎吾, 中村壮伸, 加藤大, 中谷貴之

[三菱電機株式会社] 長永隆志, 友久伸吾, [東レ株式会社] 奥田良治

[株式会社日本触媒] 高田亮介

## 【オブザーバー】

[株式会社本田技術研究所] 松村定晴, [株式会社レゾナック] 山口健洋,  
[デンカ株式会社] 溝手範人, 五郡大輔

## 【COCN】

水落隆司 (三菱電機株式会社), 坂口隆明 (三菱電機株式会社),  
島田啓一郎 (ソニーグループ株式会社), 山口雅彦, 金枝上敦史 (COCN 事務局)  
(敬称略・順不同)

## 【会議の概要】

新規に(株)日本触媒と NICT の参画が認められたことを報告。デンカ(株)と(株)レゾナックも参画に前向きに検討中(デンカは 1/16 に参加同意書提出により参画決定)であることを報告いただいた。また、国際標準化の推進の視点から、産総研の加藤悠人主任研究員と田丸慎吾主任研究員より、ミリ波・サブテラヘルツ波等の高周波の計測技術の最先端をテーマとして勉強会を行った。平衡型円盤共振器(BCDR)法の技術移転や社会実装の経緯、国際標準化の申請などの経験、さらに高周波計測技術を応用して、高周波を異常反射させて障害物よけて所望の場所へ電波を届かせるメタサーフェスの作製とその評価技術について加藤主任研究員から講演いただいた。また、田丸主任研究員から、高周波信号イメージング装置の開発状況などを講演いただき、評価・測定技術の最前線を共有いただいた。さらに、産総研と NICT との合同で発表した Beyond-5G/6G を支える計量標準・校正技術ロードマップ(産総研プレスリリース、2024/05/20、[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/news/pr20240520.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/news/pr20240520.html))を例に、正確無比な測定・校正に加えて、モノづくり・試作ができるプラットフォームの整備が重要ではないかとの提案(図 10、11)を行った。これらの内容を受けた議論の一つとして、次世代高速通信に向けて、各社の材料やデバイス評価は自社で行っているのか・外部委託しているのか、評価・試作のプラットフォームのようなものが存在すれば、自社製品の開発は加速されるのか、という問いがあり、各社からの意見としては、下記の通りであった。

- ・ いろいろな評価全てを社内では抱えるのは大変であり、利用可能なものが産総研などであれば助かる。国内メーカーが有利になる標準化を進めると良い。
- ・ 100GHz 帯や社会実装形態がまだわからないような未踏の領域では、産総研などが評価の方法やデバイスの構造を決めてもらえると助かる。そういうプラットフォームがあれば自社製品の開発は加速される。
- ・ 材料メーカーでは技術オリエンテッドな評価が優先されているので、ニーズ側に刺さる評価(材料が関係する下流側の評価)をするための環境を構築するために、研究機関として広い視野で整備してほしい。
- ・ 評価が標準化され川上・川下で共通化される仕組みがあると良く、川上・川下の双方向コミュニケーションが進むと良い。

というコメントを受け、アウトプットとして、国プロ等によるサプライチェーンの垣根を超えるような材料・デバイス試作～評価プラットフォームの整備が重要である旨を、提言としてまとめていく方向で合意した。

また、PJ の進め方・中間報告のまとめ方として、実際にやることは技術の話などピンポイントでも良いが、何を指して集まっているかのビジョンを大きく捉える必要があるとの意見があった。日本の科学技術力が負け越している中で、素材・マテリアル産業は強みを発揮できている。6G を狙った材料・デバイスをやっていくことで日本が「戦略的不可欠性：日本のその技術がなくなると他国が困る」を發揮できる、というところから説明を始めると、国や他の産業界から共感を得られるのではないかとの意見があった。具体的にどうするかは、要素還元主義に陥らず、ニーズに基づく方向性を決めていく必要がある。

サプライチェーンの連携強化については、COCN プロジェクトで直接的に川下の企業の方々に入ってもらわなくても、XGMF と強固な連携関係を築くことで川下とのコミュニケーションを加速することも視野に入れることで合意した。XGMF で議論されているところとは連携を進め、COCN プロジェクトでは、ものづくり産業という日本の強みを活かしたロードマップを作り、国に提言することを主眼に体制を固めるのが良いと考える。

COCN プロジェクトで材料・デバイスのテーマは10年ぶり、材料はまだまだやれるということ「戦略的不可欠性」というキーワードからスタートすると効果的であるという意見もあり、どういう目的でどういう出口を目指して集まっているのか、どういった方向性をもって今後議論をしていくのかをはっきりさせ、経済安全保障の観点でも検討していく必要があるとのコメントがあった。一方で、「戦略的不可欠性」に素材は切り離せないが、素材メーカーとしては海外からの脅威・危機感があり、材料に関しても外資に取られつつある中で、AIにより実験データを分析して特許を取ってしまうという時代が迫っている。その危機感を乗り越えられるソフト側の協力も必要ではないか。ある企業では、現状のAIと比較して非常に低消費な電力コストで新しい推論モデルを実証しようというような取り組みもされており、材料開発の目線でも興味があると思われるので、そういったところとの協業も考えた方が良いのではないかというコメントもあった。見つけるところに強いMIやAIを利用しつつ、実際に作り上げるところに日本の強みがあると考えられるため、良い材料が実験ではできるが、どう産業にするか、どういうプロセスでやるかという課題を含め、日本の技術の戦略的不可欠性を示していくことを一つの大きな方針として進めることとした。



+ モノづくり・試作ができるプラットフォームが重要ではないか。  
(評価と試作を両輪で回す。)

図 10 共通基盤としての測定・評価の現状認識

Byond-5G/6G を支える計量標準・較正技術ロードマップから参照

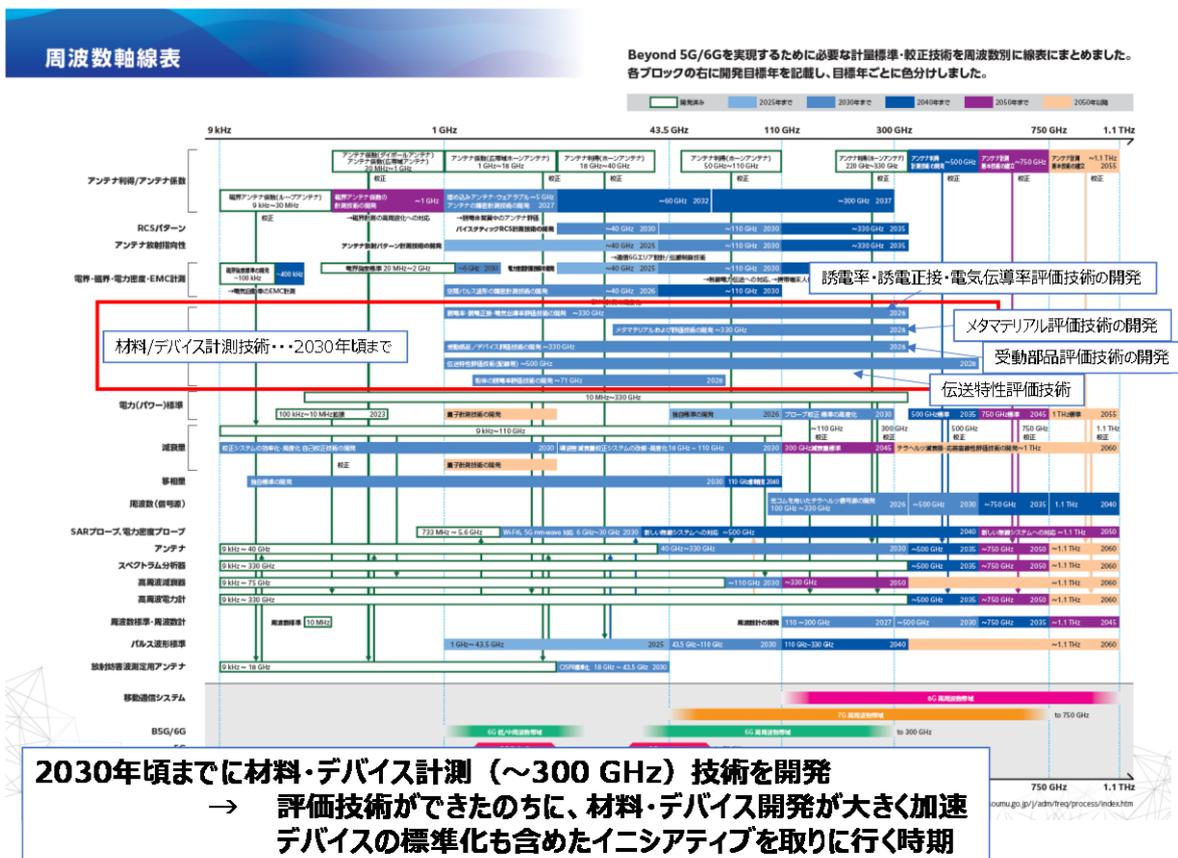


図 11 高周波評価技術のロードマップ

Byond-5G/6G を支える計量標準・較正技術ロードマップから参照・改編

#### 4. 開発に取り組むべき具体的な技術の例示

これまで開催した計3回の会議を通じ、超安全な社会の実現に向けた次世代高速通信ならびに周辺応用のために必要な、取り組むべき技術における具体例について、公開できる範囲においてまとめた。これらは一例であるが、今後の議論によって取り組むべき技術の調査や深堀を進める。

##### 1. 100GHz 超における革新的低損失材料開発

大容量・高速化において、100GHz 以上の高周波領域を使用する必要が出てくるが、ノイズが課題となるため、それを抑えるために低誘電率かつ低損失な基板材料や、低損失な導体材料が必要となる。これはノイズだけでなく、限りあるエネルギーを効率よく使用することにもつながるため、通信のエネルギー問題の一端を担う重要な技術となる。例えば、産総研において、基板材料として、ポリマーとセラミックスのコンポジット材料 (S. Ata et al., ACS Omega, 2023, 8, 9379-9384) に対して、空孔を導入することにより、低誘電率と低損失を兼ね備えた材料の開発に取り組んでおり、初期的な成果が得られている (図 12、Nanotech2024 産総研発表資料より抜粋)。

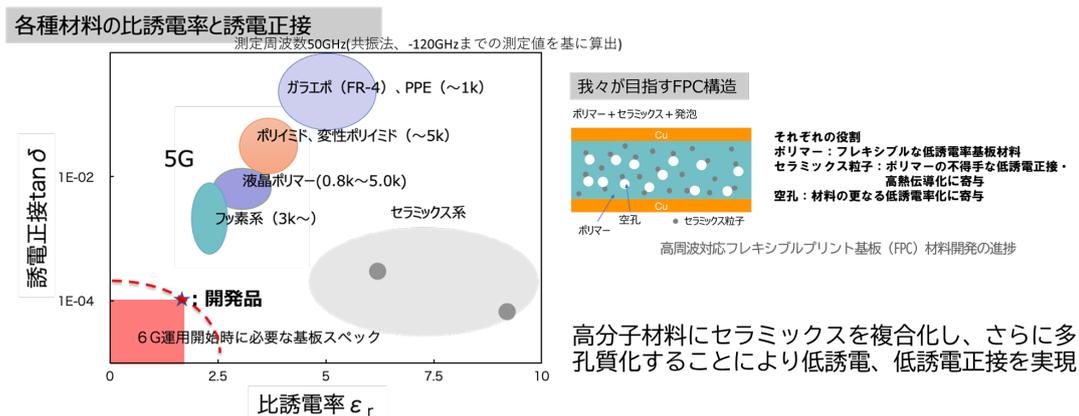
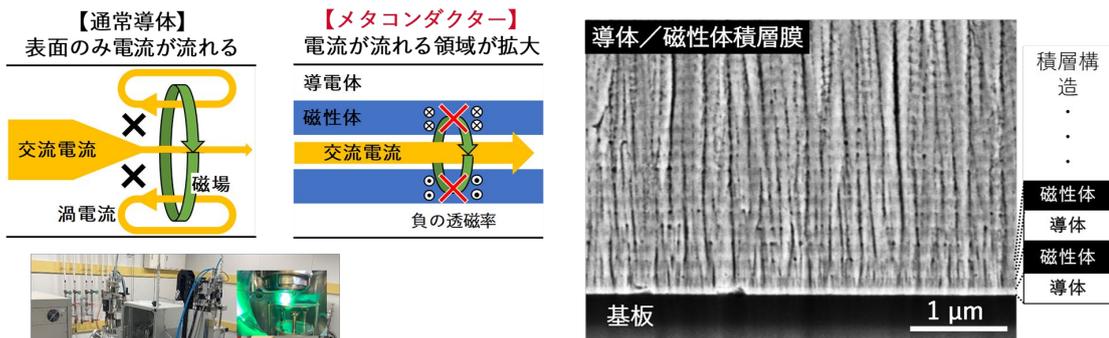


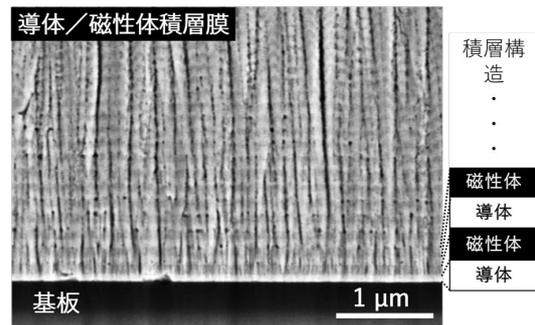
図 12 産総研で開発している低誘電率・低損失誘電体基板

また、導体材料においては、高周波の交流電流を流す場合、電磁誘導により流したい方向とは逆向きの電流が導体内に発生することにより電流が打ち消され、導体表面にしか電流が流れない「表皮効果」と呼ばれる物理現象により損失が非常に大きくなってしまいう問題がある。これに対して、磁性体と導体を積層させ、磁性体の負の透磁率を利用することにより、高周波電流が流れた際に発生する磁場をキャンセルさせることで導体内部に電流を流すことのできる「メタコンダクター」技術を産総研では取り組んでいる (図 13、Nanotech2024 産総研発表資料より抜粋)。メタコンダクターの技術自体は以前から報告されているものの、動作周波数が数 GHz 程度と低いため、100GHz 以上の動作に向けた検討を進めている。

これらの技術を様々な材料系やデバイス開発へ展開させていくことにより、応用シーンにおける使い分けなどが可能になると考えている。



異種材料複合化装置 (@中部センター)



磁性体材料の『負の透磁率』を利用し、  
 導体内部電磁現象を制御することで  
 表皮効果を抑制し導体損失を低減させる  
 導体/磁性体積層メタコンダクターの開発

図 13 産総研で開発している低損失導体「メタコンダクター」

## 2. 超平滑な導体・基板の接合技術

現在使われている導体は銅が主体であるが、1にて説明した表皮効果の表面しか流れない現象に起因して、回路を形成するうえで基板と導体の界面粗さは信号経路の伸長を招き、伝送損失の著しい増大が問題となる。そのため、導体/基板界面をできるだけ平滑にする必要があるが、平滑な界面では接着強度が低下するため、デバイス応用が難しくなるという課題を有している。産総研では、平滑なフッ素樹脂の表面への金属有機酸塩コーティングと光反応を組み合わせた技術により、高強度な接合界面を実現する技術を開発している。このような技術の進展により 100GHz 超の実用化に資する回路形成が可能となると期待される。(図 14、産総研プレスリリース、「つるつるなフッ素樹脂にがっちり接着」、2023/09/28、[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2023/pr20230928/pr20230928.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2023/pr20230928/pr20230928.html))

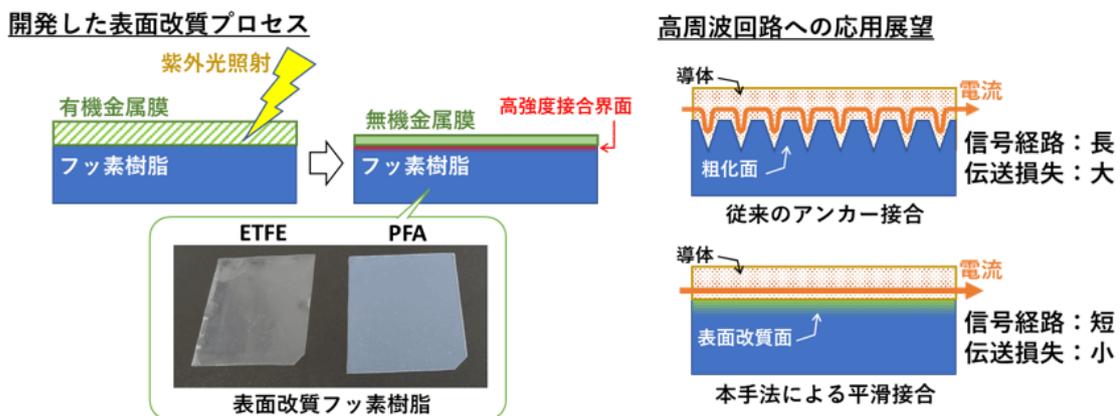


図 14 産総研で開発したフッ素樹脂の表面改質プロセスによる平滑接合技術

## 3. 100GHz 超における精密な評価技術の開発

材料・デバイス開発するうえで、精密かつ正確な評価技術の開発は重要である。前章の第1回会議の資料にも記載したが、産総研では、情報通信研究機構と共同で「Byond-5G/6Gを支える計量標準・校正技術ロードマップ」を発表し、評価技術の更なる高度化を進めている。例えば、平衡型円板共振器法の開発によりマイクロ波帯からミリ波帯までの超広帯域で計測できる測定方法を開発してきている（図15、産総研プレスリリース、「ミリ波帯高速無線通信の拡大を牽引する材料計測技術を開発」、2019/01/17、Y. Kato et al., IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2019, 68, 1796-1805 他）。材料・デバイス開発において、評価技術は表裏一体で欠かせないため、更なる高度化・実用化が重要となる。

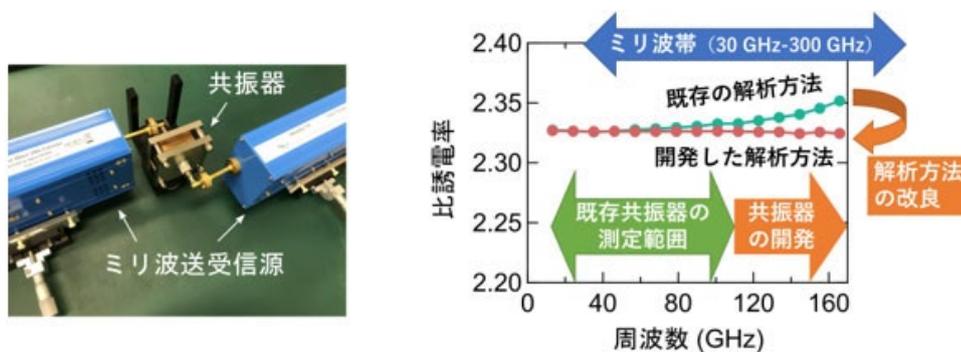


図15 産総研で開発した高周波帯域の材料物性評価技術

#### 4. 通信カバレッジ拡大に向けたメタサーフェス技術の開発

高周波通信の普及について、重要な周辺技術としてカバレッジ拡大に向けた伝搬路制御技術がある。これは、高周波の遮蔽に弱いという特性により無線通信の品質が劣化しやすいという課題を解決するために必須技術であると考えられる。伝搬路制御技術の一つとして、移動端末に対してカバレッジを最適化させる Reconfigurable Intelligent Surface (RIS) を含めたメタサーフェス反射板技術が考案されている（図16、NTT「メタサーフェスによる伝搬路制御技術の考案と実証」、<https://www.rd.ntt/as/history/wireless/wi0518.html>）。

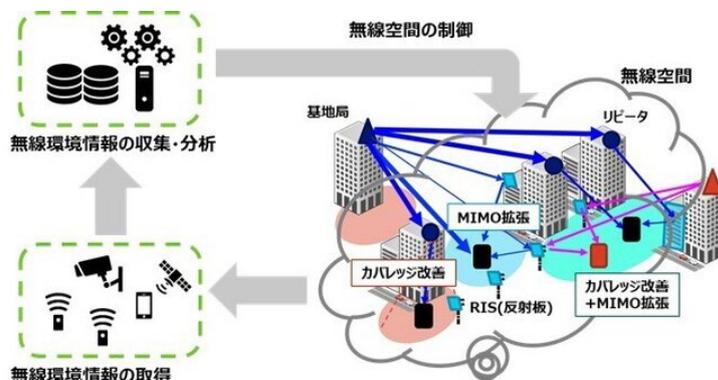


図16 伝搬路制御技術とメタサーフェス反射板の応用想定(NTT HP より引用)

メタサーフェス反射板については様々な方式で開発が進められているが、産総研でも大阪大学と共同で開発した 140GHz の周波数において特定方向に異常反射を示すメタサーフェス反射板や（図 17、Y. Kato et al., IEEE Access, 2021, 9, 157512-157521）、メタサーフェス反射板のテラヘルツ帯評価装置も開発しており（図 18、Y. Kato et al., IEEE Access, 2023, 11, 139295-139305）、反射板自体の開発だけでなく反射特性についての評価・実証についての技術開発においても注力している。これらの技術は、高周波帯の通信の実装に対して確実に必要な技術として考えられる。

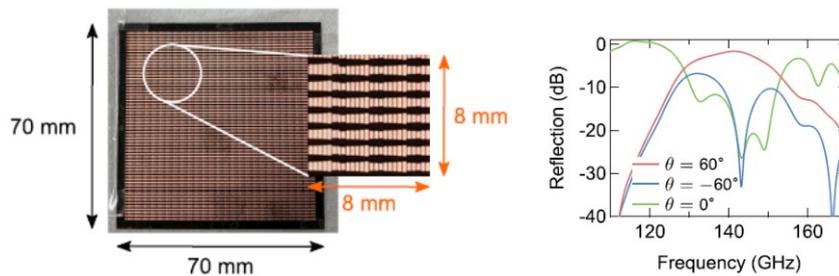


図 17 産総研と大阪大学が開発したメタサーフェス反射板の構造と反射特性評価結果

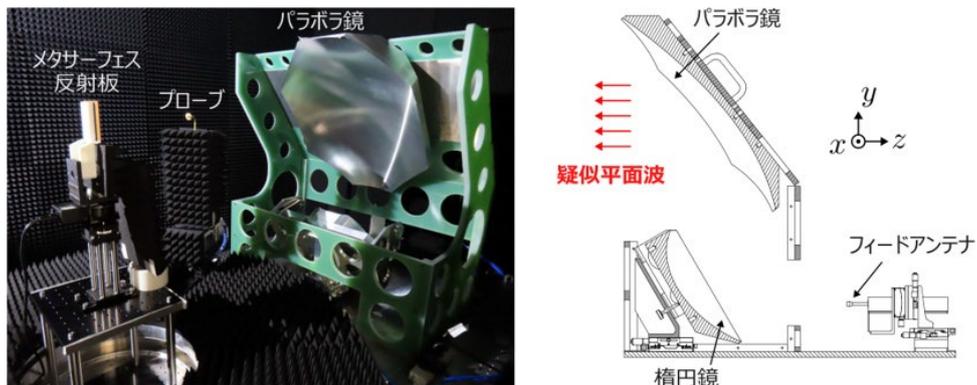


図 18 産総研とTDK、大阪大学が開発したメタサーフェス反射板の反射特性評価装置

次世代高速通信を実現する技術マップについて図 19 にまとめた。非常に多岐にわたる技術が存在することがわかり、それぞれ単独の開発では実装・普及が進まないと考えられるため、各フェーズの連携が非常に重要となる。産総研は材料・デバイス・評価を中心に広くシーズ技術を有しており、多くの企業との連携・コンソーシアム化などを進めることで、材料～デバイスの設計・試作・評価を可能とする共通基盤プラットフォーム構築の基板となるポテンシャルを有している。

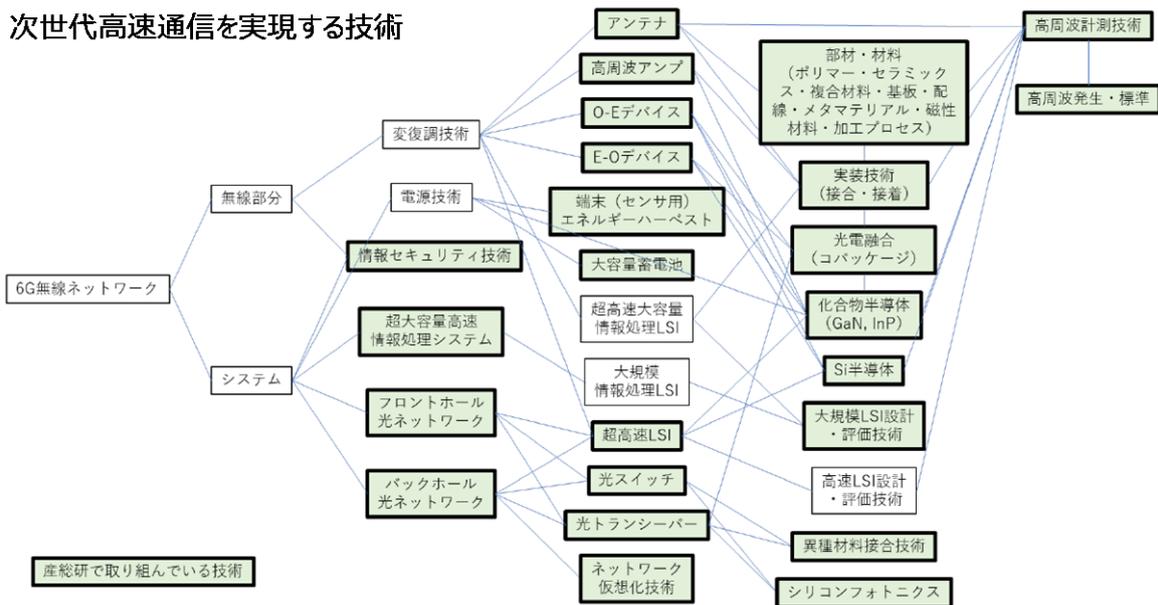


図 19 次世代高速通信を実現する技術マップ

## 5.議論の方向性・推進テーマの進め方の整理

議論の方向性・進め方の整理について以下に示す。

- ① 個社では繋がれない、サプライチェーン上の上流下流の意見交換、ディスカッションの場の形成
  - ⇒ キーパーソンとなる企業、研究機関からのヒアリング・講師による勉強会の実施
  - ⇒ 他機関である XG モバイル推進フォーラム (XGMF) との連携の強化を展開
- ② 次世代高速通信がもたらす新たなサービスの議論やそれらに必要な技術の検討
  - ⇒ 各機関のホワイトペーパーなどを参考に、技術トレンドやニーズの把握や調査
- ③ 海外の動向調査を行いつつ、日本企業がイニシアティブをとる市場形成のための枠組みの検討
  - ⇒ 材料開発に関する特許調査、特許ツリーの作成など
- ④ 上記を踏まえた、協調領域となりえる要素技術の精査、試作・評価を可能にする共通基盤プラットフォームの整備の必要性、計測手法・標準化の確保の方法の議論

上記の観点を中心に議論を進め、日本のモノづくりの強みを活かしつつサプライチェーンの連携強化の展開の重要性やそれを進めるにあたり必要な支援など、国への提言として最終報告書にまとめていくこととする。

一般社団法人 産業競争力懇談会（COCN）

〒100-0011 東京都千代田区内幸町 2-2-1

日本プレスセンタービル 6階

Tel : 03-5510-6931

E-mail : jimukyoku@cocn.jp

URL : <http://www.cocn.jp/>

事務局長 山口雅彦